SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE

FONDÉE LE 4 MARS 1848

Reconnue d'utilité publique par décret du 22 décembre 1860

19, rue Blanche, PARIS

TRAVAUX

DU

PORT EXTÉRIEUR DE BILBAO

PAR

M. L. COISEAU

EXTRAIT DES MÉMOIRES DE LA SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE

(Bulletin de juillet 1900.)

PARIS

19, rue Blanche, 19

1900

PROVINCIA DI TORINO
BIBLIOTECA
Legato Anselmi
OA. — b —
1125

Hommage de
A. Caisard

TRAVAUX

DU

PORT EXTÉRIEUR DE BILBAO

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE
FONDÉE LE 4 MARS 1848
Reconnue d'utilité publique par décret du 22 décembre 1860
19, rue Blanche, PARIS

TRAVAUX

DU

PORT EXTÉRIEUR DE BILBAO

PAR

M. L. COISEAU

EXTRAIT DES MÉMOIRES DE LA SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE
(Bulletin de juillet 1900.)

PARIS
19, rue Blanche, 19
1900

PROVINCIA DI TORINO
BIBLIOTECA

TRAVAUX

DU

PORT EXTÉRIEUR DE BILBAO[1]

PAR

M. L. COISEAU

Les travaux du port extérieur de Bilbao font partie d'un ensemble de projets élaborés par l'Ingénieur en Chef des ponts et chaussées Don Evaristo de Churruca, directeur des travaux. C'est vers l'année 1878 que ces projets furent étudiés, tout au moins dans leurs grandes lignes, en ce qui concerne le port extérieur.

L'exécution du brise-lames, ou jetée de l'ouest, nous fut confiée par le Gouvernement, à nos collègues MM. Abel Couvreux, Félix Allard et moi, à la fin de l'année 1888, et plus tard, en janvier 1894, celle du contre-môle ou jetée de l'est.

Le montant de ces ouvrages s'élève à environ 38 700 000 pesetas.

C'est de ces travaux que nous allons vous entretenir ; mais avant de le faire, nous dirons un mot de la région de Bilbao et des travaux exécutés sur le Nervion.

Comme vous le savez, Bilbao est un des centres miniers de l'Espagne des plus importants ; l'extraction du minerai de fer atteint 6 000 000 *t* par an. A côté et comme conséquence, sont venues s'établir de nombreuses industries, des hauts fourneaux fournissant la fonte, le fer et l'acier aux laminoirs, des ateliers de construction de charpente en fer, de construction de navires, des fabriques de fer blanc, de tubes, des tréfileries, des clouteries, des boulonneries, etc., etc., presque toutes réparties le long du Nervion.

C'est le pays de l'ingénieur par excellence.

L'exploitation des mines se fait à ciel ouvert, les procédés d'extraction ne présentent pas grand intérêt ; par contre les moyens de transport sont très variés. Il y en a de toute sortes

(1) Voir planche n° 233.

depuis la charrette à bœufs jusqu'aux chemins aériens, en passant par les chemins de fer à grande et petite voie, les plans inclinés, à câbles et à chaînes flottantes.

Les moyens d'embarquement ne sont pas moins remarquables, beaucoup d'installations peuvent charger des navires de 2 000 à 3 000 *t* en 12 ou 15 heures.

Toutes ces mines et ces industries emploient un personnel considérable ; les relations avec Bilbao sont de tous les instants, aussi les moyens de communication sont-ils très nombreux. Il y a trois lignes de chemin de fer à traction à vapeur, deux sur la rive gauche et une sur la rive droite. Deux lignes de tramways électriques, une sur chaque rive *(fig. 1*, Planche 233*)*.

Il y a parfois sur la rivière une cinquantaine de navires en chargement et en attente. Tout cela donne une vie intense et particulièrement intéressante à ce pays.

Il n'y a, à proprement parler, point de port à Bilbao ; c'est la rivière qui en tient lieu depuis les temps les plus anciens. Elle serpente au milieu d'une vallée couverte de villages et des usines et des installations dont nous venons de parler. Deux petites villes, Portugalete, à l'ouest, et Las Arenas, à l'est, bordent son embouchure ; c'est entre ces deux centres que le premier pont-transbordeur a été construit, par notre collègue, M. Arnodin.

Si l'on remonte à l'année 1878, époque à laquelle ont été décidés les travaux pour l'amélioration de la rivière et de son embouchure, et que l'on consulte les mémoires publiés chaque année par M. l'Ingénieur en chef de Churruca, on voit que le tonnage des navires ayant fréquenté le port à cette date était de 1 340 000 *t*, pour passer à 2 000 000 *t* en 1879, puis successivement à 3, 4, 5 et 5 775 000 *t* en 1896 et se maintenir à peu près à ce chiffre pendant les années suivantes. Les importations entrent dans ce total pour environ 700 000 à 800 000 *t*.

Sur les 5 000 000 de tonnes restant pour l'exportation, 4 800 000 sont des minerais de fer.

Le port de Bilbao peut donc être compté, non seulement parmi l'un des plus importants de la péninsule, mais même du continent.

Pour arriver à ce résultat, il a fallu faire beaucoup de travaux et de dépenses.

Comme pour les autres ports de l'Espagne, la construction, l'exploitation et l'administration en général de celui-ci, sont confiées à une assemblée locale appelée Junta, tout en restant sous le contrôle de l'État, lequel intervient parfois dans les dépenses des

travaux par l'attribution de faibles subsides, mais en général c'est la Junta qui doit pourvoir aux moyens de les payer ; elle le fait à l'aide d'emprunts, garantis par les recettes provenant des taxes du port, qu'elle est autorisée à percevoir.

Composée d'hommes intelligents et expérimentés, à vues larges, qui connaissent bien les ressources et les besoins de leur pays, et savent vouloir, guidés dans l'élaboration et l'exécution des projets par un ingénieur d'un grand mérite et les conseils d'un contrôle aussi bienveillant que prompt dans ses décisions, la Junta ne pouvait que faire prospérer le port ; nous allons voir comment son ingénieur, à la suite de longues et patientes études, est arrivé à en faire ce qu'il est aujourd'hui et à préparer ce qu'il sera demain.

Le premier travail exécuté fut l'amélioration de la rivière et de l'embouchure. Notre collègue, M. de Cordemoy, a déjà entretenu la Société de ce travail en 1888 ; il n'a été achevé qu'en 1890. Nous le rappellerons en quelques mots.

Jusqu'en 1878, la rivière coulait dans un lit irrégulier, présentant des coudes brusques et des seuils, qui rendaient la navigation impossible aux navires calant plus de 3 *m* à 3,50 *m* (10 à 12 pieds). L'embouchure, protégée par des quais, l'un devant Portugalete et l'autre devant Las Arenas, espacés d'environ 160 *m*, était obstruée par une barre. L'amplitude de la marée varie de 4,60 *m* en marées équinoxiales à 1,25 *m* en marées de morte eau. Le niveau moyen des pleines mers d'une année est de 3,58 *m*.

A partir de ce moment, on travailla à sa régularisation : les coudes trop brusques furent remplacés par des coupures à rayons assez grands pour permettre sans danger le passage des navires ; des endiguements dans les parties trop larges ramenèrent le lit à des proportions convenables, enfin des dragages en abaissèrent les hauts-fonds. Aujourd'hui la profondeur d'eau est de plus de 4 *m* sous marée basse de Bilbao à l'embouchure.

Les sables formant la barre provenaient, pour une très petite quantité, de la partie supérieure de la rivière, et en majorité de la plage de Las Arenas et un peu aussi de celle d'Algorta située sur la rive droite de la baie. Quant à la rive gauche, elle est entièrement rocheuse et exempte de sables.

Le régime de la barre était caractérisé par le transport continu, par les courants, du sable de la plage de Las Arenas de l'est vers l'ouest ; les lames de tempête du nord-est et le jusant le ramenaient en sens inverse.

Après un examen et une étude approfondis et la comparaison de cartes de diverses époques, M. de Churruca était arrivé à cette conclusion : que les dépôts étaient peu importants, qu'ils résultaient de l'érosion des falaises de la rive droite de la baie et qu'il était possible de lutter contre leur envahissement *(fig. 2)*.

Avant l'exécution des travaux, la rivière se creusait difficilement un lit sur la barre, celle-ci formait un plateau d'environ 200 *m* de longueur sur lequel il n'y avait qu'un mètre d'eau à marée basse. Le mouvement des sables poussait continuellement le chenal vers l'ouest ; de ces observations M. de Churruca arriva à cette conclusion : qu'il fallait fixer le chenal du côté de l'ouest pour empêcher les sables de le repousser plus loin, et en même temps le soustraire à l'influence des tempêtes du nord-ouest et que, pour ce faire, il fallait prolonger le môle de la rive gauche suivant une ligne légèrement courbe. Cet ingénieur écrivait en 1879 qu'il pensait obtenir un chenal permanent et dont la profondeur ne serait pas moindre de 3 *m* et même 3,50 *m* sous basses mers, si l'on exécutait le dragage de la rivière et la partie de l'endiguement qui lui manquait. Il motivait ses espérances sur les raisons suivantes :

1° La force du courant se conserverait mieux à l'abri de la prolongation de la jetée ;

2° Son effet serait encore favorisé par la forme concave ;

3° Le chenal étant abrité des vents dominants par le môle, la tendance du courant à se porter à gauche rencontrerait moins d'obstacle ;

4° Les bancs de sable de droite, loin de nuire, auraient encore pour résultat de diriger le courant contre le môle.

En conséquence, la construction du môle de Portugalete fut décidée ; il a 800 *m* de longueur, il s'avance jusqu'aux fonds de 6, 50 *m* au delà de la plus extrême limite atteinte par le talus extérieur de la barre ; il est tracé avec un rayon de 3000 *m*, la concavité étant tournée du côté du chenal.

La base du môle, depuis le sol jusqu'au niveau de marée basse, est formé par des enrochements naturels d'un poids de 1 000 *kg* au minimum ; à travers ces enrochements et sur 570 *m* de longueur, sont enfoncés des pieux à vis, sur lesquels est fixée une charpente en fer dont le tablier se trouve à la cote 7,50 *m* au-dessus des basses mers ; entre ces pieux, depuis le sommet de l'enrochement et jusqu'à 4,20 *m* au-dessus, est coulé un massif en béton destiné à guider les courants du flot et du jusant. Sur les 30 *m*

EMBOUCHURE DE LA RIVIÈRE DE BILBAO

Sondages de Septembre 1878 et Juin 1891

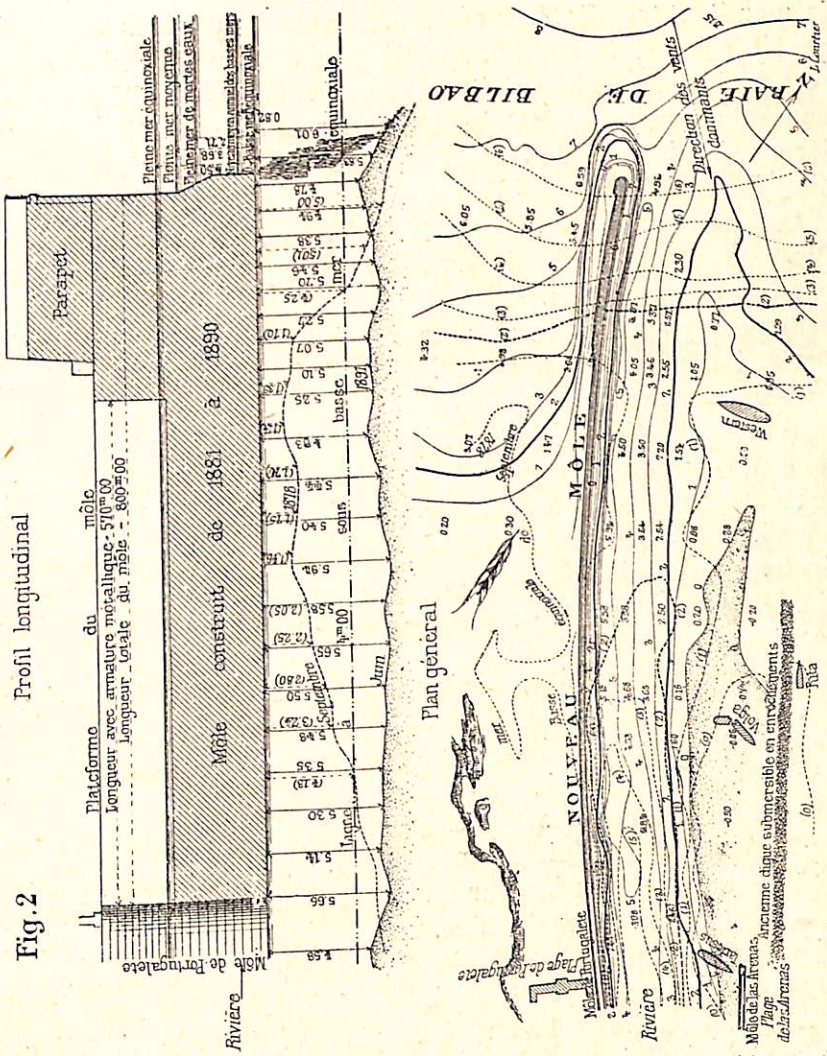


Fig. 2

Nota. — Les courbes de niveau pleines et les cotes de sondages sans parenthèses sont relatives aux sondages de Juin 1891 ; les courbes ponctuées et les cotes entre parenthèses indiquent l'état de la rivière en Août et Septembre 1878 ; c'était avant l'exécution des travaux de prolongement du Môle de Portugalete ; on remarquera que, si la profondeur et la direction de la barre étaient alors très variables, celle-ci occupait dans ces mois une de ses positions les mieux orientées, et elle avait une profondeur moyenne entre les plus grandes et les plus petites.

Les sondages sont exprimés en mètres et centimètres et sont rapportés à la basse mer équinoxiale du 27 Septembre 1878.

de môle suivants, le massif de béton est coulé jusqu'au niveau inférieur du tablier de la charpente en fer.

Sur les 200 derniers mètres, ce système n'a pu être appliqué, la mer étant trop forte. Sur les enrochements, dont les talus sont protégés dans cette dernière partie par des blocs de béton de 30 *t*, on a coulé une couche de béton d'arasement de 0,50 *m* d'épaisseur; sur cette couche est établie la superstructure du môle, dont la largeur à la base est de 10 *m*, réduite au niveau de la plate-forme, c'est-à-dire à 7,50 *m* au-dessus de la marée basse, à 8 *m*.

Les parements sont formés de blocs en béton de ciment de Portland de 5,60 m^3, l'intervalle est rempli par un massif de béton coulé sur place.

Sur ce massif s'élève un mur d'abri de 3 *m* de hauteur et de 3 *m* d'épaisseur; un parapet de 1 *m* de hauteur et d'épaisseur, couronne l'ouvrage.

Vers l'extrémité de la jetée, l'épaisseur du massif est augmentée de 4 *m*, en même temps que le niveau de la plate-forme se trouve porté, comme celui du musoir, à la hauteur de celui du mur d'abri. La banquette de protection au niveau de marée basse est également élargie, afin de protéger l'ouvrage contre les excavations que pourraient produire les lames qui viennent se briser continuellement contre lui.

Ces travaux ont été terminés en 1890, les résultats ont été on ne peut plus satisfaisants et ont dépassé les espérances de l'auteur du projet; on comptait sur un approfondissement de 2 *m*; dès les premières années, lorsque la direction du môle fut jalonnée par les enrochements, le chenal est venu s'y appuyer et cette profondeur fut immédiatement atteinte.

A cette époque, la largeur du chenal avec des profondeurs de 2 *m* n'est pas moindre de 75 *m*, et le long du môle, le chenal a régulièrement plus de 5 *m* de profondeur, c'est donc 2 *m* de plus que ce que l'on avait espéré atteindre.

Aussi les navires calant 20 à 22 pieds anglais (6 *m* à 6,70 *m* entrent-ils à pleine mer, quand autrefois des navires de 12 à 13 pieds n'auraient pas risqué cette entrée, et le tonnage du port a-t-il passé, comme nous l'avons dit, de 1 340 000 *t* en 1878 à 5 800 000 *t* en 1896.

Les dépenses occasionnées par ces travaux ont été d'environ 16 millions de pesetas. M. de Churruca a donné dans son mémoire annuel de 1888-1889 un résumé descriptif très complet des travaux dont nous venons de parler.

PORT EXTÉRIEUR

Description des ouvrages.

Le premier travail étant exécuté, il fallait mettre la main au principal, il fallait abriter et couvrir l'entrée du port ; car, malgré les magnifiques résultats obtenus, même dès 1888, l'entrée de la rivière restait toujours difficile par les vents nord-ouest, et impossible par les tempêtes ; les navires venant du large étaient alors dans l'obligation de reprendre la mer, sous peine de venir se perdre à l'entrée, comme l'ont fait ceux dont les épaves étaient encore visibles il y a quelques années.

En vue d'apporter un remède à cette situation et aussi d'assurer l'avenir, la Junta décida la construction du port en eau profonde dans la baie, ce port devant être capable de recevoir les plus grands transatlantiques, de leur donner à toute heure accostage à des quais de plus de 8 *m* de tirant d'eau, en un mot d'en faire un port d'escale et de refuge de premier ordre, ce qui manque absolument sur toute cette côte et aussi sur la côte sud française *(fig. 3)*.

Comme on le voit, la baie va en s'évasant de l'embouchure du Nervion vers la mer et se prête admirablement à la construction d'un port ; les profondeurs y sont assez grandes et régulières, les fonds de 10 *m* passent près des rivages et de l'embouchure de la rivière ; enfin le mouillage est excellent, les ancres trouvant un fond de sable où elles tiennent très bien.

Le port est limité et abrité vers le large par deux jetées : l'une appelée brise-lames a 1 450 *m* de longueur, part de la rive gauche de la baie à environ 2 660 *m* en aval de Portugalete et se dirige suivant deux alignements vers la rive opposée. L'autre appelée le contre-môle, part de cette rive à la pointe de la Begoña, a une longueur de 1 072 *m* et complète l'abri tout en laissant entre son extrémité et celle du premier, une entrée pour les navires, de 600 *m*.

La superficie du port est d'environ 280 *ha* dont 150 avec des fonds variant de 8 *m* à 15 *m* au-dessous des plus basses mers.

Nous attirons spécialement l'attention sur l'orientation des

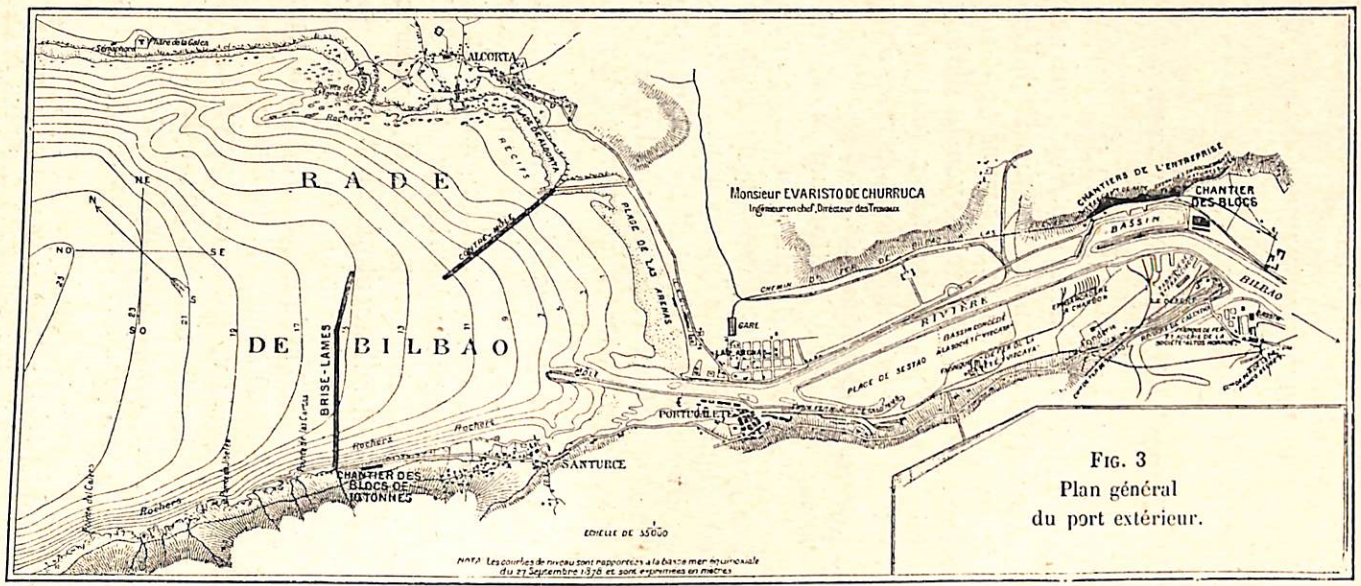


FIG. 3
Plan général
du port extérieur.

Gravé par Erhard Fres Paris.

courbes d'égales profondeurs : ces courbes sont parallèles au brise-lames, tandis qu'elles sont recoupées presqu'à angle droit par le contre-môle ; la marche des lames de tempête est exactement la même, de sorte qu'elles frappent à angle droit le brise-lames, tandis qu'elles courent parallèlement au contre-môle et viennent déferler sur la plage. Le brise-lames doit donc être suffisamment résistant pour anéantir toute l'énergie emmagasinée dans ces lames.

Brise-lames.

Le profil adopté tout d'abord pour la construction du brise-lames fut celui ci-contre (*fig. 4*) : c'est le profil renforcé des brise-lames de la baie de Saint-Jean-de-Luz.

La base est formée :

D'une couche d'enrochements naturels, depuis le fond jusqu'à 6 *m* sous marée basse, ayant 54 *m* en crête, avec des talus inclinés à 3 de base pour 2 de hauteur ; ces enrochements sont de trois classes. Ceux formant le noyau sont de troisième classe et ont un poids minimum de 20 *kg*, ceux le recouvrant et formant le talus intérieur sont de deuxième classe et ont un poids minimum de 400 *kg*, enfin ceux formant le talus extérieur sont de première classe et ont un poids minimum de 2 000 *kg*.

Le soubassement est formé :

D'une couche de blocs artificiels de 30 et 50 m^3, pesant respectivement au-delà de 60 et 100 *t*, les blocs de 30 m^3 étant placés intérieurement, ceux de 50 m^3 faisant face à la mer ; des enrochements naturels sont jetés entre ces blocs pour combler les vides.

Au-dessus de cette fondation, s'élève, sur une couche d'arasement en béton de 1 *m* d'épaisseur moyenne, coulée sur place, la superstructure du brise-lames.

Les parements, depuis un mètre au-dessus de marée basse jusqu'à 7 *m* au-dessus du même niveau, sont formés de blocs en béton de 10 *t* fabriqués à l'avance à terre et posés en boutisses et panneresses ; l'intérieur est rempli de béton à prise rapide ; cette partie du brise-lames a 12,20 *m* de largeur au pied et 10 *m* en crête. Au-dessus, depuis la cote + 7 jusqu'à la cote + 10, c'est-à-dire sur 3 *m* de hauteur, s'élève le mur d'abri ; il a 4 *m* d'épais-

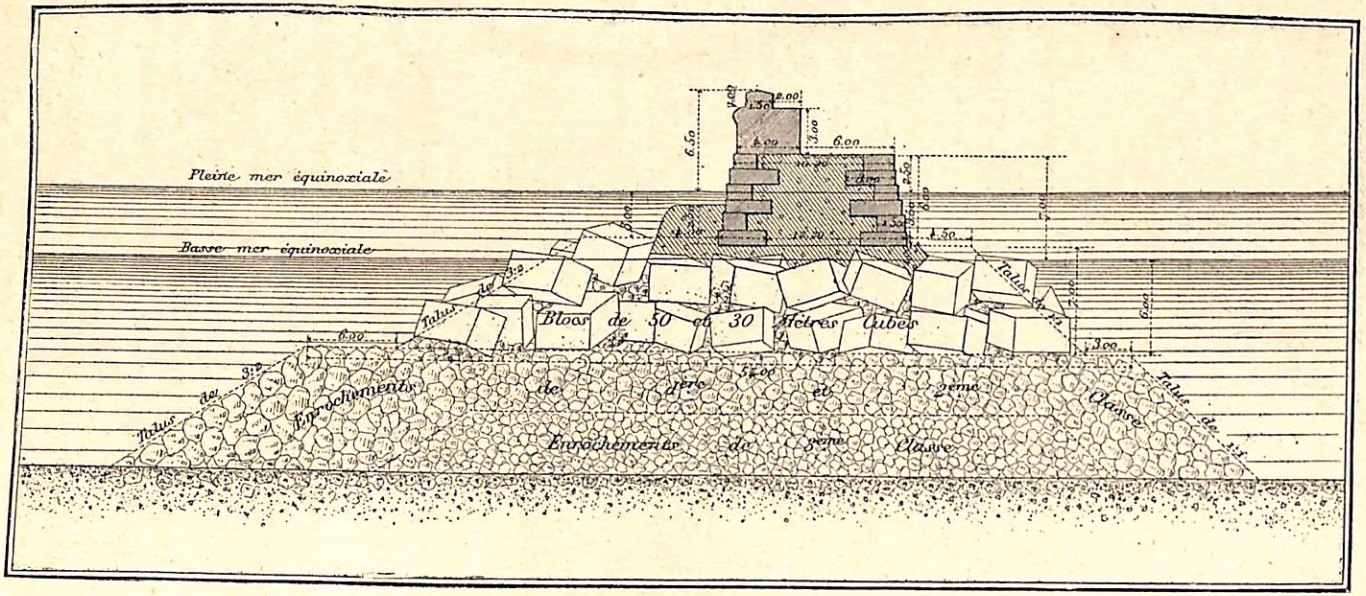


FIG. 4. — Premier profil du brise-lames.

seur ; enfin, au-dessus du mur d'abri, un parapet de 1,50 *m* d'épaisseur sur 1 *m* de hauteur couronne l'ouvrage.

Ce parapet, comme le mur d'abri, est fait en béton de ciment moulé sur place.

Une risberme de 4 *m* de large et 2,50 *m* d'épaisseur protège le pied de la superstructure du côté du large et complète le brise-lames.

Le brise-lames est terminé par un musoir ayant 20 *m* de diamètre au niveau de marée haute ; une tourelle portant un feu de port le surmonte.

Les blocs artificiels de 30 et 50 m^3 sont, comme nous l'avons dit, en béton ; sa composition est la suivante :

1 de ciment Portland de Boulogne,
3 de sable de la plage,
6 de pierre cassée.

Les blocs artificiels du parement, le mur d'abri et le parapet sont également en béton avec ciment de Portland de Boulogne ; la composition est un peu plus riche que celle des gros blocs ; elle est la suivante :

1 de ciment de Boulogne,
3 de sable de la plage,
5 de pierre cassée.

La couche d'arasement des blocs, ainsi que le remplissage entre les parements et la risberme, sont en béton de ciment à prise rapide de Zumaya ; la composition est la suivante :

3 de ciment de Zumaya,
4 de sable de la plage,
9 de pierre cassée.

Dès 1889 nous avons commencé l'immersion des enrochements naturels, et vers la fin de 1894 cette partie du travail était pour ainsi dire achevée.

La confection des blocs artificiels en béton de 60 et 100 *t* fut commencée au mois d'août 1890 et l'immersion le 23 avril 1891 ; ces blocs, qui composent le soubassement de la superstructure du brise-lames, furent immergés en partant de la cote—3 sur les rochers qui forment la continuation sous eau de la côte, puis successivement à la cote—6 sur les enrochements naturels.

Enfin la superstructure du brise-lames fut amorcée à la côte à la fin de 1891.

A la fin de la campagne de 1892, la superstructure était poussée jusqu'a une distance de 124 *m* de son origine.

Le 21 février 1893, survint une tempête qui produisit quelques avaries, sans grande importance ; cependant quelques-uns des blocs de 10 *t* du parement tourné vers la mer furent arrachés par les lames à partir de la base. La couche de béton d'arasement avait disparu sur une dizaine de mètres et les blocs avaient suivi.

Ces avaries furent réparées pendant l'été de 1893, et à la fin de la période de travail de l'année, c'est-à-dire au mois d'octobre 1893, la longueur de la superstructure atteignait 253 *m*.

Le 19 novembre, survint une formidable tempête qui dura

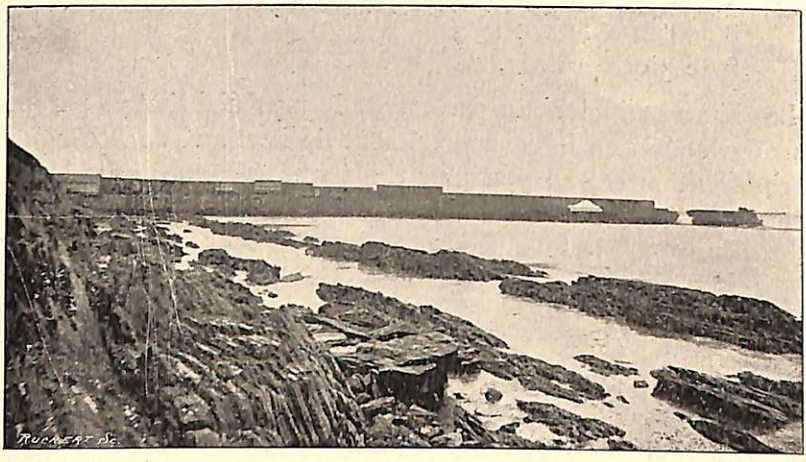


Fig. 5. — Avaries de novembre 1893. (Vue prise de l'intérieur du port).

jusqu'au 21 ; après qu'elle fut apaisée, on s'aperçut que la superstructure était minée vers la mer sur 60 *m* de longueur, la banquette de protection avait été emportée. La couche de béton d'arasement avait suivi et les blocs de parement n'ayant plus d'appui étaient tombés et avaient disparu ; il en était de même du béton de remplissage en ciment de Zumaya ; le mur d'abri et le parapet restaient suspendus au-dessus du vide. Les mauvais temps de l'hiver achevèrent la destruction de cette partie de l'ouvrage *(fig. 5 et fig. 6)*.

Comme nous l'avons dit plus haut, le profil adopté était semblable à celui exécuté à Saint-Jean-de-Luz. M. l'Ingénieur en chef de Churruca n'avait rien innové, il avait au contraire suivi

les indications de la pratique, et, pour plus de sûreté, il avait augmenté les dimensions en épaisseur, ainsi que le poids des blocs.

De ces avaries il semblait ressortir :

Que la banquette de fondation était insuffisante ; construite sur

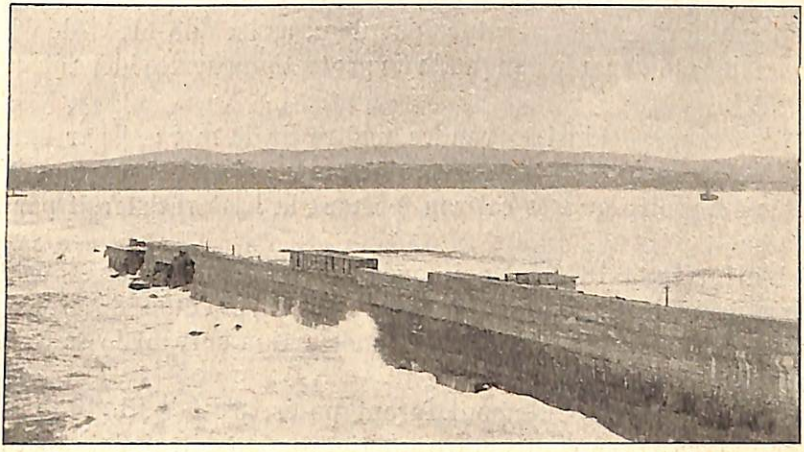
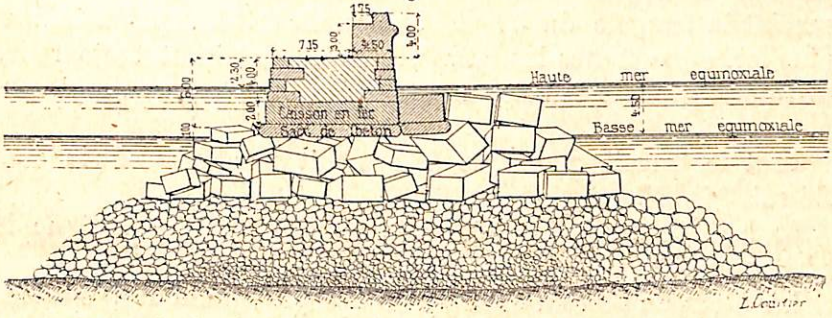


Fig. 6. — Avaries de novembre 1893. (Vue prise de l'extérieur).

des enrochements facilement emportés par les lames, elle devait céder aussitôt que sa base serait dégarnie.

La couche d'arasement des gros blocs était disloquée de la

Fig. 7



2me Profil du brise-lames

même façon, enfin les blocs de parement de 10 *t* semblaient trop petits.

Il fut en conséquence résolu, d'un commun accord avec l'Ad-

ministration des Ponts et Chaussées, de remplir les vides entre les gros blocs sous la fondation de la superstructure, en sacs de béton de ciment de la grosseur la plus grande possible, de poser sur cette couche arasée à la cote + 1 des caisses en fer de 12 *m* de longueur, 6 *m* de largeur et 2 *m* de hauteur et de remplir ces caisses, de bétōn de ciment de Portland, de façon à fournir une base massive et résistante cubant 144 m^3 et pesant environ 300 *t*, de terminer la superstructure par deux assises de blocs de 60 *t* ; enfin de remplacer la banquette de protection par des blocs de 60 *t*. *(fig. 7)*.

L'on espérait ainsi se rendre maître de la mer ; si par extraordinaire les blocs de 60 *t* en protection venaient à être emportés, il était à croire que le caisson formant la base résisterait par sa masse.

L'hiver 1893-1894 fut employé à construire un nouveau matériel capable de manœuvrer ces gros blocs, et l'été 1894 à réparer les avaries et à commencer la construction suivant le nouveau profil.

Deux caissons seulement furent posés, c'est-à-dire qu'il fut ajouté 12 *m* à la superstructure antérieurement détruite et réparée : une double rangée de blocs de 60 *t* fut placée tout le long à son pied pour remplacer la banquette de protection.

Les premières tempêtes des 12 et 13 novembre ne firent que remuer quelques blocs de 60 *t* en protection et leur faire prendre une position stable. Nous avions donc l'espoir de voir passer l'hiver sans avarie et d'acquérir l'assurance que le travail était enfin capable de résister à tous les assauts de la mer, quand survint la tempête du 30 et 31 décembre 1894, probablement plus forte que toutes les autres, et, comme disent toujours les marins et gens de la côte, une tempête comme on n'avait pas encore vu.

Tout le travail que nous avions fait pendant l'année était détruit *(fig. 8)*.

Le brise-lames présentait le lamentable état qu'indique la photographie.

Les blocs de 60 *t* au nombre de 200 protégeant le pied de la superstructure avaient disparu, ils avaient été rejetés sur le talus avant, par le ressac et c'est à peine si l'on en voyait trace.

Sur 132 *m* de longueur la face avait été minée, la couche d'arasement de la partie réparée avait disparu, les blocs de parement vers la mer avaient été enlevés, ainsi que le béton de

remplissage, le mur d'abri de 4 *m* d'épaisseur avait été culbuté dans l'intérieur du port, de nombreuses brèches s'étaient formées ; enfin la partie extrême vers le large, composée de deux caissons et de leur superstructure, représentant un massif de 800 m^3, soit un poids de plus de 1 600 *t*, avait été arrachée, soulevée et transportée d'une seule pièce à 32 *m* de sa position initiale à l'intérieur du port ; cela peut donner une idée de la violence et de la force des lames.

Nous n'avons pas pu mesurer directement la hauteur des vagues de tempête, mais comme elles atteignent, au moment de marée haute, sans choc et sans jet, le dessus de la moulure du mur d'abri du contre-môle, qui se trouve à la cote + 9,50,

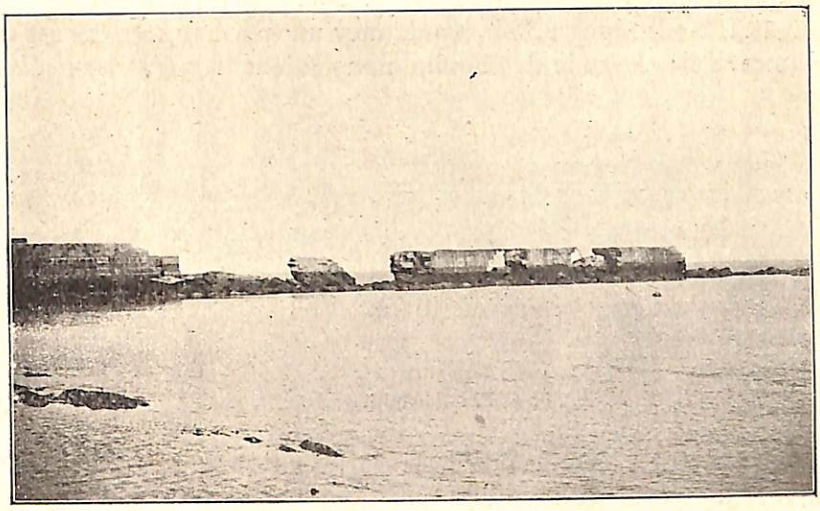


Fig. 8. — Brise-lames après la tempête de décembre 1894.
(Vue prise de l'intérieur du port).

la marée haute étant à la cote + 5 ; il s'en suit une surélévation de 4,50 *m*, le creux étant égal ou un peu inférieur à la levée, on peut estimer à 8 *m* au moins cette hauteur.

Pas plus que la hauteur, nous n'avons pu mesurer la force avec laquelle elles agissent sur l'ouvrage ; cependant, si l'on considère le mur d'abri qui a été précipité d'une pièce dans l'intérieur du port, qui était situé entre la cote + 7 et la cote + 10, et dont le moment résistant, composé d'une part de son poids $3,50 \times 3,00 \times 2100 = 22050$ *kg*, d'autre part de la cohésion du béton que nous avons trouvée allant jusqu'à 8 *kg* et jamais au-dessous de 2 *kg* par centimètre carré, si nous prenons ce

dernier chiffre, nous avons : pour la valeur de l'effort minimum par mètre carré.

$$\frac{22050 \times 1{,}75 + 35000 \times \frac{2}{3} 3{,}50}{1{,}50 \times 3{,}00} = \frac{120200}{1{,}50 \times 3{,}00} = 26700\ kg \text{ par } m^2,$$

agissant à 4 *m* au-dessus du niveau de la mer pour le renverser.

Il y a malheureusement peu de travaux de ce genre qui aient pu se construire et résister sans qu'il survienne des avaries; les ports de Cherbourg, de Saint-Jean-de-Luz, de Biarritz, de Leixoes, d'Alger, d'Ymuiden, de l'embouchure de la Tyne, d'Aberdeen, de Madras, etc., etc., en sont des exemples.

La question se posait de savoir si l'on allait continuer et comment. Il nous répugnait d'abandonner un travail que nous avions commencé; cependant, comme nous étions responsables de la

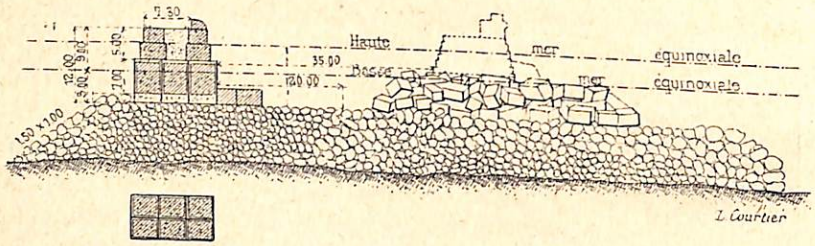


Fig. 9. — Profil définitif du brise-lames.

superstructure, c'est-à-dire de la partie qui était démolie chaque hiver, il devenait impossible pour nous de continuer ainsi; d'un autre côté, la Junta reconnaissant que le projet était impossible à exécuter tel quel, et tenant malgré cela à avoir son port, décida que l'on rechercherait ce qu'il fallait faire et que le travail serait continué.

Il fut décidé, d'un commun accord avec l'Ingénieur en chef Directeur, que des modifications seraient apportées, et l'ouvrage fut continué avec le profil ci-contre *(fig. 9)*.

La base en enrochements naturels est élargie de 40 *m* vers l'intérieur du port. Sur cette base arasée à la cote — 5 viennent se placer des caissons en fer de 13 *m* de longueur, de 7 *m* de largeur et de 7 *m* de hauteur. Ces caissons sont remplis :

1° Par une couche générale de béton de ciment de Portland de 1,50 *m* d'épaisseur;

2° De douze blocs de 60 *t* posés l'un sur l'autre et reliés entre eux par du béton avec ciment à prise rapide coulé à sec dans les joints et les lits ;

3° Par une couche générale de béton en ciment à prise rapide de 0,50 d'épaisseur. Le tout formant une masse solidaire de 637 *m* représentant un poids d'environ 1 400 *t* ; sur ce soubassement, deux assises de blocs de 60 *t*, avec remplissage intérieur en béton de ciment à prise rapide, forment la superstructure de la jetée; elle est surmontée par un petit parapet de 1,50 *m* de hauteur et 2,50 d'épaisseur. Enfin le pied du soubassement est protégé du côté du large, contre le ressac, par deux files de blocs de 60 *t* posés l'un dans le sens de la longueur et l'autre dans celui de largeur.

M. de Churruca, après avoir dressé le projet, le fit accepter par le Conseil des Ponts et Chaussées à Madrid, et, par Décret royal du 15 juin de la même année, l'exécution en fut ordonnée.

Nous nous mettions immédiatement à la besogne, et à la fin de la campagne de 1895, le nouveau brise-lames atteignait une longueur de 116,50 *m*, 296 *m* en 1896, 500 *m* en 1897, 734 *m* en 1898 et 950 *m* à la fin de la campagne dernière, c'est-à-dire les deux tiers de sa longueur comme superstructure et la longueur totale pour les enrochements de la base.

Cinq hivers se sont passés depuis que nous avons commencé à travailler suivant le nouveau plan, des tempêtes nombreuses et terribles sont survenues pendant ce temps, le brise-lames a victorieusement résisté à leurs assauts, il n'est pas resté trace de leur passage sur l'ouvrage, il n'y a pas eu la moindre avarie, et par conséquent pas de réparation; nous ne doutons pas qu'il en sera ainsi jusqu'à la fin du travail qui sera complètement terminé en 1902.

Ce mode de construction du brise-lames offre donc des avantages considérables sur les anciens procédés. Il permet une exécution plus rapide, l'affouillement ne peut plus se produire aussi facilement; si par hasard le cas venait à se présenter, le soubassement et la superstructure seraient en état de résister, à cause du poids considérable de chacun de leurs éléments, il pourrait tout au plus se produire quelques tassements qu'il serait facile de réparer; enfin ce profil ne coûte pas plus cher que les profils en enrochements en pierres perdues ou les profils mixtes. C'est la première jetée construite suivant ce système.

Déjà en 1892, à l'occasion de l'élaboration du projet des ports

de Bruges, nous avions été amenés à faire des recherches et des études sur les différents modes de construction des jetées, à déterminer si possible les causes des avaries survenues à presque tous les ouvrages de ce genre, sauf à ceux construits dans des mers tranquilles, et enfin à nous rendre compte du coût de leur entretien.

Le profil à base en enrochements naturels, avec superstructure en maçonnerie, représenté par les digues de Cherbourg, Plymouth, etc., etc., a été depuis longtemps abandonné, parce qu'il coûte trop cher de premier établissement et d'entretien, les talus exposés à la mer n'arrivant jamais à un état d'équilibre stable.

Le profil mixte, le profil de la Méditerranée, que l'on pourrait appelé le profil français, parce qu'il a été particulièrement préconisé et employé par les Ingénieurs français, représenté par les jetées de Marseille, d'Alger, de Leixoes, de Saint-Jean-de-Luz, de Boulogne, est composé d'enrochements naturels protégés vers la mer par des blocs artificiels ou bien, comme le profil primitif du brise-lames de Bilbao, d'une base en enrochements arasées à un niveau où l'on suppose que la mer ne déplace plus ces enrochements, généralement de 5 à 8 *m* de profondeur, surmontée d'un soubassement en blocs artificiels, dont le poids varie de 20 à 100 *t*, émergeant suffisamment pour établir la superstructure; ce profil est difficile d'exécution dans les mers un peu dures, il est coûteux d'entretien; auprès de chacun de ces ouvrages, il y a continuellement en marche un atelier de fabrication de blocs, destinés à remplacer ceux qui sont enlevés par la mer; il faut, suivant l'expression consacrée, la nourrir, et cela ne suffit pas toujours; les désastres arrivés à la digue d'Alger, à celle de Leixoes, à celle de Saint-Jean-de-Luz, dernièrement à celle de Gênes, et à tant d'autres, sans parler de celle de Bilbao, sont là pour en témoigner.

Reste le troisième type, celui à parois droites, plein, composé de blocs de 20 à 100 *t* arrimés soigneusement, et que l'on pourrait appeler le type anglais, représenté par le *pier* de l'Amirauté à Douvres, par les jetées de l'embouchure de la Tyne, par celle d'Aberdeen, par celles du port de la pointe des Galets à la Réunion dont nous a parlé notre collègue M. Fleury, qui sont une variante heureuse des premiers, par suite de l'inclinaison donnée aux blocs, et par beaucoup d'autres.

La tenue du *pier* de Douvres, son peu d'entretien, nous avait

frappé, cependant sa construction a été longue; car il a fallu aller placer les blocs sous l'eau avec des scaphandriers; s'il y a des courants, cela ne peut se faire qu'aux étales, son prix est énorme.

Ce profil présente aussi certains dangers d'avaries, à cause des affouillements possibles de la base, de la petitesse des éléments le composant et de leur manque de solidarité sous l'eau. Les accidents arrivés aux jetées d'Ymuiden, construites suivant ce type, et à celle d'Aberdeen, en sont des exemples.

Enfin l'une des magnifiques jetées de l'embouchure de la Tyne

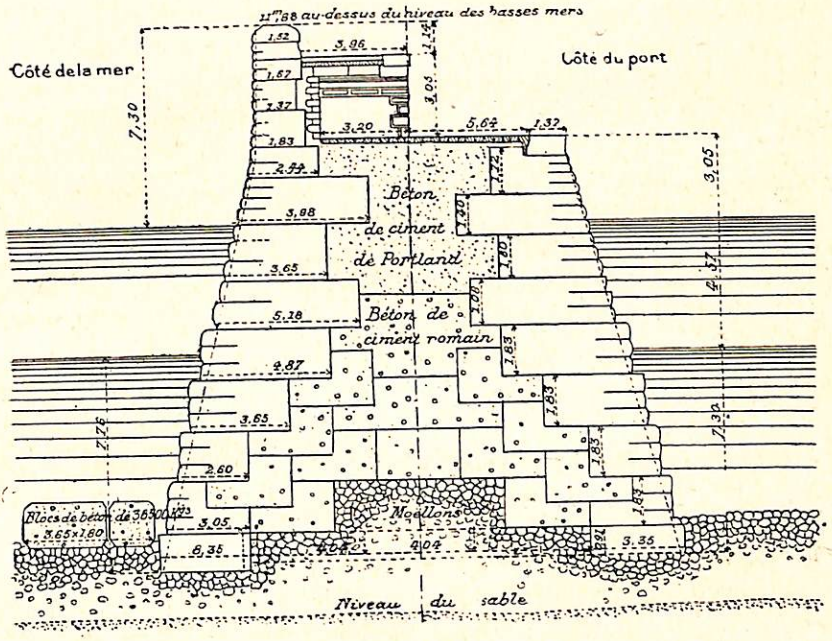


Fig. 10. — Jetée Nord de la Tyne.

(celle du Nord) dont vous voyez ci-contre le profil (*fig. 10*), a été, il y a trois ans, complètement dévastée et démolie par une tempête, à ce point qu'elle est irréparable et qu'il faut en reconstruire une nouvelle, dont le coût ne sera pas moindre de 11 millions.

Toutes ces recherches nous ont amené, avec notre collègue M. Jean Cousin, à proposer de construire pour le port extérieur de Bruges, dès 1892 comme nous l'avons dit, un profil de jetée plein, à base composée d'éléments de 25 *m* de longueur, pesant jusqu'à 4500 *t.* (*fig. 11*).

Nous nous trouvons dans les conditions de Douvres, mais avec une jetée à base massive, qui n'est pas susceptible de s'effondrer comme l'a fait celle de la jetée de la Tyne et qui a l'avantage d'être d'une construction rapide (à Bilbao nous sommes parvenus à placer neuf caissons en un mois) et coûte beaucoup moins cher que les jetées anglaises.

Nous avons la satisfaction d'apprendre que nos idées sont par-

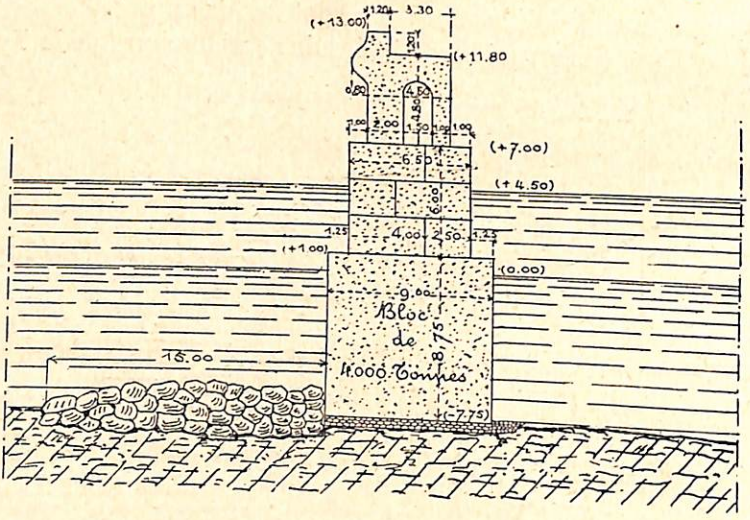


Fig. 11. — Jetée du port extérieur de Bruges.

tagées par les Ingénieurs du service hydraulique de la marine; car le prolongement de la jetée nord, ainsi que le brise-lames de protection de l'entrée du port de Bizerte, vont s'exécuter suivant notre système. Il est question de faire de même pour la nouvelle jetée du port d'Alger. Dans une mer sans marée comme la Méditerranée, l'exécution sera incomparablement plus facile que dans l'Océan.

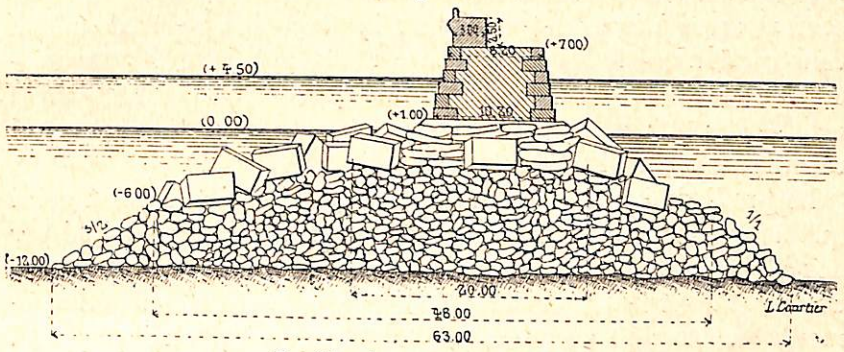
Contre-môle.

Le contre-môle a une longueur de 1 072 *m* ; il est relié à la route de Las Arenas par un terre-plein de 602 *m*, soutenu par un mur de même longueur, fondé sur les roches formant le fond de la mer à cet endroit.

Le profil adopté est représenté par la figure ci-contre et est constitué comme suit (*fig. 12*) :

La base se compose d'enrochements naturels de 3e classe comme noyau, d'enrochements de 2e classe comme recouvrement du noyau du côté intérieur, et d'enrochements de 1re classe comme recouvrement du noyau du côté du large. Cette base est arasée à la cote—3 sous marée basse équinoxiale ; elle a 20 *m* de largeur

Fig.12



Profil du contre-môle

en crête et des talus inclinés à 1 pour 1 à l'intérieur et 3 pour 2 à l'extérieur.

Sur cette base sont immergés, en laissant des intervalles assez grands, des blocs de 100 *t* ; ces intervalles sont remplis par des sacs de béton de ciment de Portland à la teneur de 300 *kg* par mètre cube ; ces sacs ont un poids variant de 4 à 8 *t*, ils sont parfaitement arrimés, la partie supérieure est régularisée par une couche de béton avec ciment à prise rapide de Zumaya de 0,50 *m* d'épaisseur posée à sec à sujétion de marée. L'ensemble émerge de 1 *m* au-dessus de zéro, a en crête 13 *m* de largeur, une épaisseur de 4 *m* et des talus inclinés à 0,50 *m* de base sur 1 *m* de hauteur ; il forme le soubassement de la superstructure. Ce soubassement est protégé contre les affouillements que pour-

rait produire le ressac, par des blocs artificiels de 100 et 60 *t* descendant sur le talus jusqu'à la cote — 6.

La superstructure a 10,20 *m* de largeur et une hauteur de 6 *m* ; la plate-forme se trouve donc à la cote + 7 ; les parements sont formés par des blocs artificiels de béton avec ciment de Portland à la teneur de 250 *kg* par mètre cube ayant 1 *m* de hauteur d'assise, cubant 2,40 m^3 et posés en boutisses et panneresses avec 0,20 *m* de retraite d'une assise sur l'autre ; l'intérieur est rempli par du béton avec ciment à prise rapide de Zumaya à la teneur de 345 *kg* par mètre cube.

La superstructure est surmontée par un mur d'abri en béton de 3 *m* d'épaisseur et de 2,50 *m* de hauteur ; un parapet de 0,50 *m* d'épaisseur et de 0,75 *m* de hauteur couronne l'ouvrage.

L'extrémité du contre-môle est terminée par un musoir circulaire dont le soubassement est formé par un caisson fondé à la cote — 8 sur une couche d'enrochements naturels ; sur ce soubassement arasé à la cote + 1, s'élève le corps du musoir, de même construction que le corps du contre-môle, puis le mur d'abri circulaire dont le centre forme une plate-forme arasée à la cote + 10 ; sur cette plate-forme est construite une tour qui reçoit le feu signalant l'entrée du port.

Le profil du contre-môle n'avait point été projeté comme celui que nous venons de décrire ; le soubassement était constitué par des blocs de 100 *t* coulés aussi près que possible les uns des autres et dont les intervalles étaient remplis par des enrochements sur lesquels une couche d'arasement en béton était posée. C'était en un mot le même profil (à part la hauteur du soubassement qui n'était que de 3 *m* au lieu de 6 *m*) que celui adopté primitivement au brise-lames ; mais les accidents arrivés à ce dernier déterminèrent M. de Churruca à le modifier, et les blocs de 100 *t*, au lieu de former le corps principal du soubassement, n'en sont plus que l'accessoire, ils diminuent seulement le cube des sacs en béton.

Il n'y a plus à craindre que le remplissage par des sacs soit enlevé comme l'étaient les petits enrochements ; ces sacs, bien posés à la grue, bien arrimés, font prise assez rapidement et se soudent très bien entre eux, et au bout de trois ou quatre jours il faut employer la pioche et le burin pour araser la partie supérieure.

Le contre-môle est aujourd'hui construit sur les 5/6 de sa longueur, il n'a subi aucune avarie, il se comporte bien grâce à son

orientation; comme nous l'avons vu, la lame l'attaque parallèlement, elle s'élève en gros temps, du côté de l'extérieur, jusqu'au-dessus de la moulure du mur d'abri, elle le suit et vient déferler sur les rochers qui forment la plage, où elle perd sa force ; il n'y a ni choc ni ressac. Malgré cela il faut apporter un grand soin dans la surveillance du pied de la superstructure et boucher les trous qui se produisent de temps à autre dans la protection.

Les deux jetées forment déjà depuis quelques années un très bon abri aux navires, il n'est pas rare d'en voir une douzaine derrière le brise-lames. La manœuvre d'entrée se fait bien, même avec grand vent du nord-ouest : le navire venant du large vire aussitôt qu'il a doublé la bouée indiquant le musoir du brise-lames, laisse arriver debout au vent, perd ainsi son aire et mouille ; c'est la manœuvre classique ; depuis trois ans il n'y a plus eu de sinistre à l'entrée de la rivière.

MOYENS D'EXÉCUTION

Pour l'exécution des travaux il y a trois chantiers ; le chantier central à Axpe, un autre au brise-lames, à Santurce, le troisième au contre-môle, à Algorta. Tous les trois sont équipés électriquement, le premier en partie, les deux autres entièrement (*fig 13*).

Chantier central d'Axpe.

Les enrochements naturels devant, d'après le cahier des charges, provenir des carrières d'Axpe, les seules de la région fournissant de la pierre de bonne qualité (ce sont des roches trachytiques), la rade d'Axpe se prêtant à l'embarquement, et un terrain bas que nous avons pu acheter et remblayer, situé dans le prolongement de cette darse, convenant tout à fait pour le parc aux blocs artificiels, l'installation de notre chantier central se trouvait tout indiquée à proximité de cette darse ; c'est là que nous l'avons placé.

Le plan d'ensemble montre les carrières, l'atelier de réparation, de construction des caissons et de force motrice, le parc aux blocs, le magasin à ciment et l'estacade d'embarquement.

Carrières.

Les carrières ont un front de 800 *m* environ, la hauteur va jusqu'à 75 *m*, elles ne sont pas exploitees par étages, malgré cela nous n'avons pas eu d'accidents causés par des éboulements ou des chutes de pierres, des veilleurs sont continuellement aux aguets pour prévenir les ouvriers qui travaillent au pied.

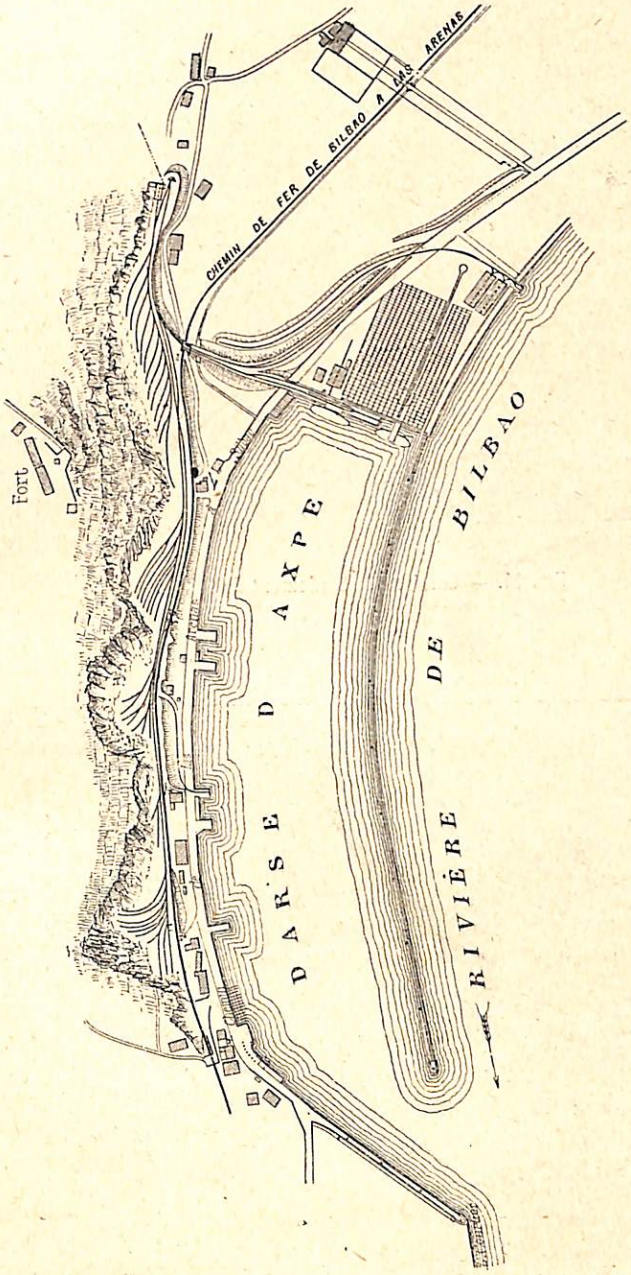
Le front d'attaque est divisé en cinq chantiers : deux voies principales courent d'un bout à l'autre des carrières ; sur ces voies principales viennent s'embrancher celles des cinq chantiers qui, elles, se présentent par bout vers le front d'attaque.

L'abatage des matériaux se fait par petites mines, les grandes ne pouvant réussir en raison du peu d'homogénéité des bancs qui sont souvent entrecoupés de poches de terre ; nous sommes par-

PLAN DES CARRIÈRES EN EXPLOITATION A AXPE

pour la construction du Port extérieur,

disposition des voies et des embarcadères, et chantier des Blocs artificiels



PROVINCIA DI TORINO

FIG. 13.

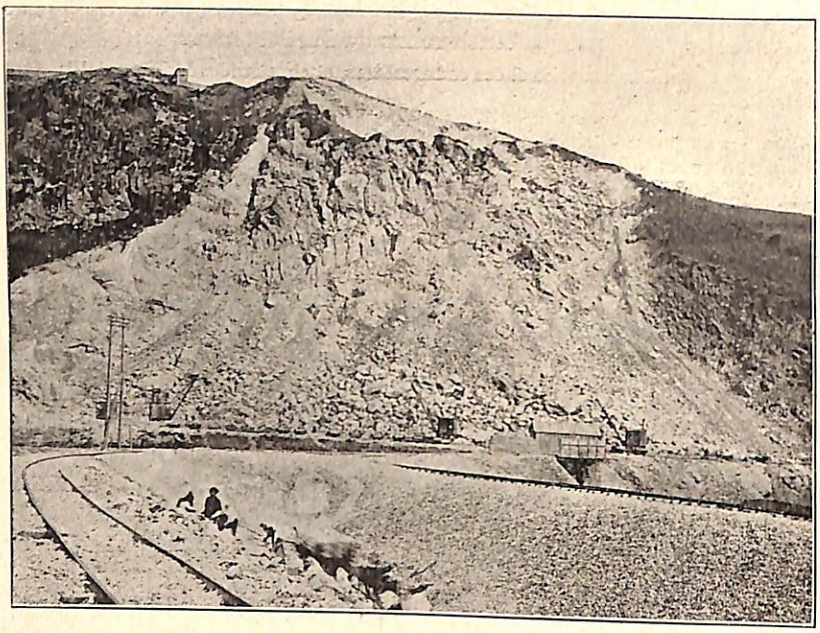


FIG. 14. — Carrières. Éboulement de 100 000 m^3.

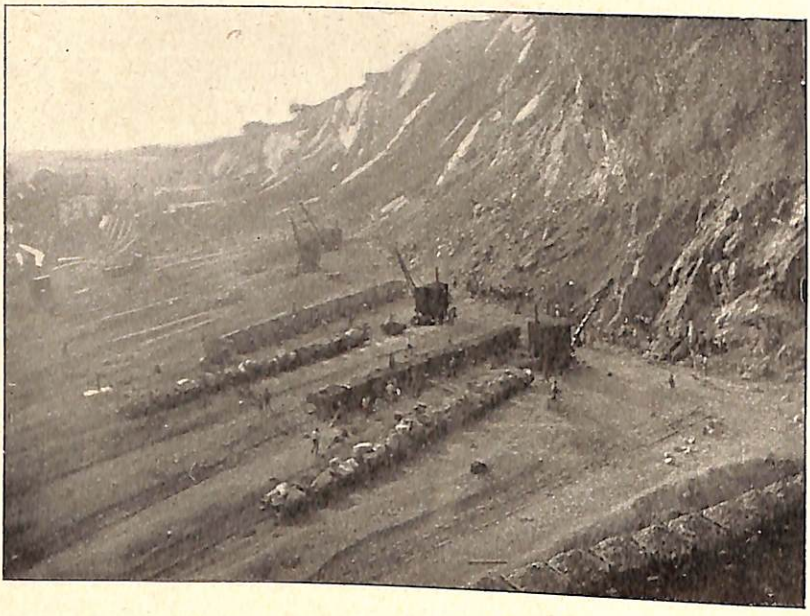


FIG. 15. — Carrières. Charge des enrochements.

venus sans mine, en approchant suffisamment le pied, à faire glisser des masses de plus de 100 000 m^3 (*fig. 14 et fig. 15*).

L'explosif employé est la dynamite.

La charge des enrochements se fait à l'aide de huit grues à vapeur automotrices d'une puissance de 3 t; ils sont chargés sur des plate-formes reposant sur des trucks.

Les moellons et déchets sont chargés à bras dans des wagons à bascule. Il en est de même des terres.

Tous ces trucks et wagons roulent sur des voies à l'écartement

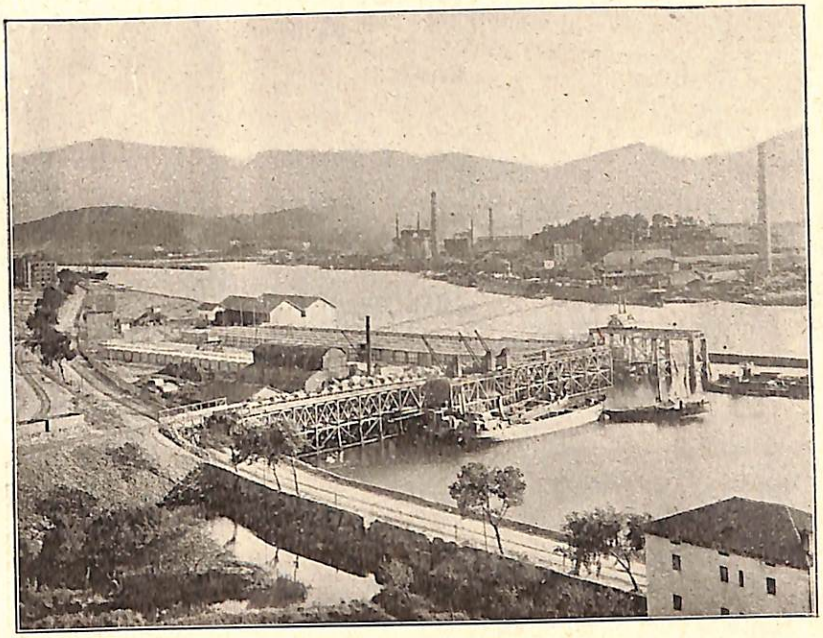


Fig. 16. — Vue du chantier central. Construction des blocs. Embarquement des blocs naturels et des blocs artificiels.

de 1 m. La traction est faite par quatre locomotives-tenders du poids de 12 t.

Les enrochements sont conduits sur l'estacade de chargement. Cette estacade est assez élevée au-dessus de l'eau, et cela pour franchir deux obstacles rencontrés sur le parcours de la carrière à la darse (*fig. 16*).

Le premier est le chemin de fer de Bilbao à Las Arenas, dont le nombre des trains est considérable, surtout en été; et le deuxième, la route de Bilbao à Las Arenas, sur laquelle circulent des tramways à intervalles très rapprochés, ainsi qu'un grand

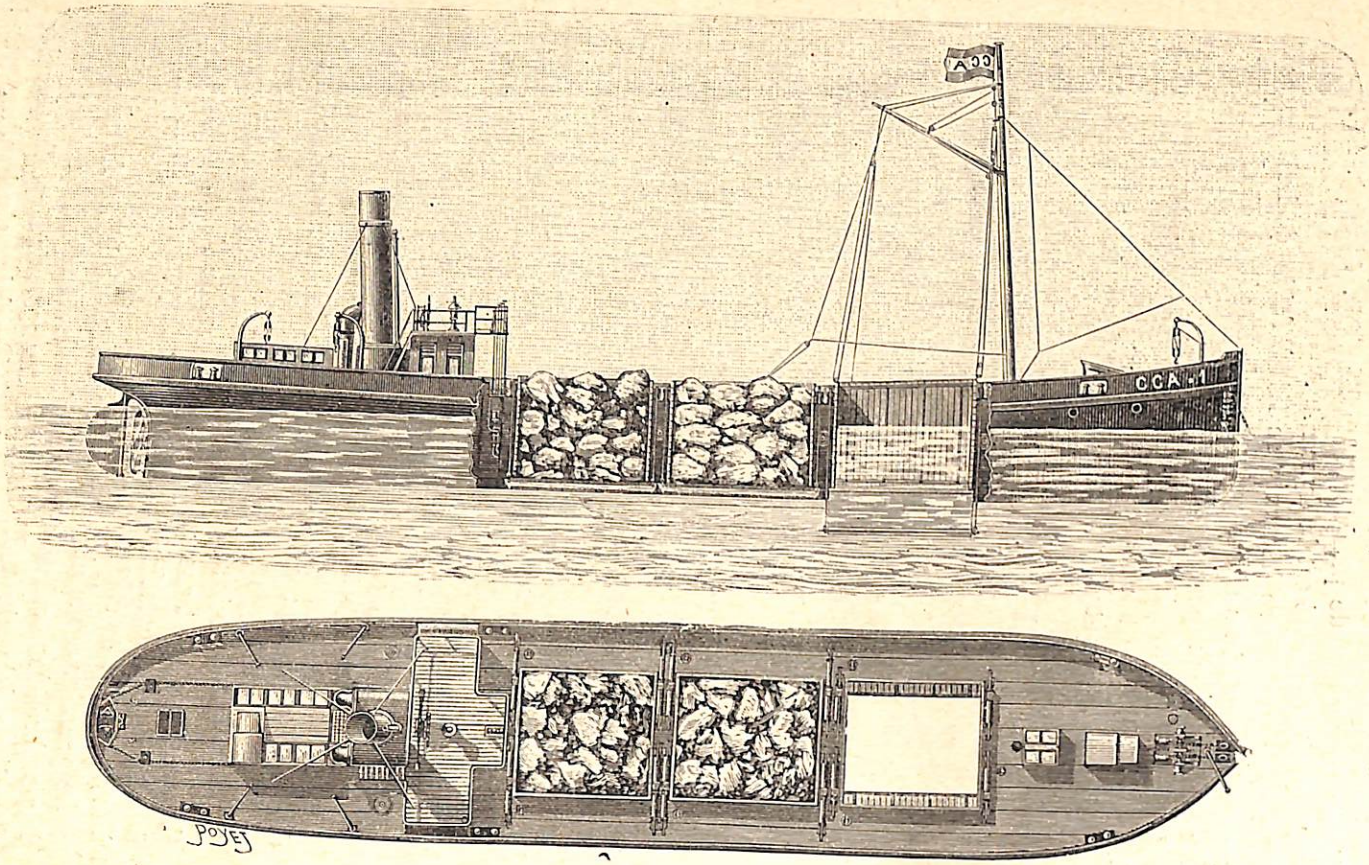


FIG. 17. — Plan et coupe longitudinale du bateau à clapets pour le transport des enrochements.

nombre de voitures. Il ne fallait donc pas songer à traverser à niveau ces deux obstacles, et c'est à l'aide des ponts qu'ils sont franchis.

Les enrochements, arrivés sur l'estacade, sont chargés dans des bateaux à clapets à l'aide de trois grues, recevant la vapeur de l'atelier central.

La plate-forme qui porte ces enrochements est accrochée à ses quatre angles par des crochets, elle est descendue dans le bateau, il suffit d'enlever deux des crochets et de la remonter pour que les pierres culbutent.

Les enrochements ainsi chargés sont conduits en mer, les bateaux arrivés aux ouvrages se guident sur les alignements déterminés par des amers placés à terre, des sondeurs indiquent où

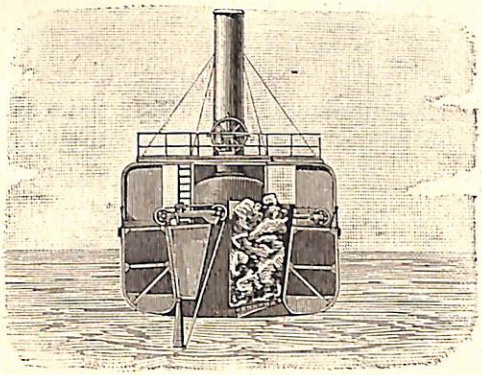


Fig. 18. — Bateau à clapets. Coupe transversale.

il faut vider ; aussitôt en place, on laisse couler leur charge en ouvrant les clapets (*fig. 17 et 18*).

Le fonctionnement des clapets fermant les puits se fait à l'aide de presses hydrauliques ; il est en tout semblable à celui des chalands transportant les blocs artificiels, dont nous donnons la description plus loin ; l'ensemble est du reste disposé pour faire également le transport et l'immersion des gros blocs. Les déchets et moellons sont amenés à un dépôt et cassés pour servir à la confection du béton.

Quant aux terres, elles sont conduites en décharge sur des terrains environnants, pour les relever à hauteur de la route et leur donner ainsi une valeur importante comme terrains à bâtir. Aussi, depuis quelque temps, voit-on s'élever d'assez grandes et

belles maisons qui servent de logement aux contremaitres et ouvriers des aciéries, des ateliers de construction de navires, aux chargeurs de minerais et à nos propres ouvriers.

Blocs artificiels.

Sur la partie de la rivière remblayée, en arrière de la darse d'Axpe, nous avons établi le parc aux blocs artificiels en béton. Il y en a de 30 m^3 et de 50 m^3.

Ils sont construits dans des moules en bois armés de fers ; le béton est fabriqué mécaniquement par une bétonnière à tambour tournant, la pierre cassée et le sable sont montés dans une trémie par des chaînes à godets, le ciment est distribué par une vis, le mélange se fait à sec sur une partie du tambour, et avec l'eau nécessaire sur la dernière partie.

Le béton ainsi préparé tombe dans une caisse de wagonnet, il est conduit près des moules, là, la caisse est enlevée par une grue présentée au-dessus du moule, elle s'ouvre par le fond en lâchant le déclic qui retient les deux clapets et le béton tombe ; il est pilonné par couches de 0,25 m d'épaisseur environ. Tout bloc commencé doit être terminé sans interruption de travail.

Pour la manutention des blocs, on noie dans le béton deux étriers en acier qui font corps avec lui et sont abandonnés à l'immersion.

La durée du séchage est de trois mois, mais, au bout du deuxième, les blocs peuvent être manipulés sans crainte.

Ces blocs sont placés régulièrement et disposés par files sur le parc, qui peut en contenir 500, représentant un cube d'environ 18 000 m.

Entre les rangées, et perpendiculairement à une fosse à chariot creusée parallèlement à la darse, sont placés des rails de 54 kg le mètre courant, destinés à supporter le bardeur qui enlèvera les blocs. Ces rails sont posés sur des traverses, pour ainsi dire jointives qui, elles-mêmes, reposent sur un massif en pierres sèches, recouvert par le remblai.

Toutes ces précautions ont été prises pour empêcher les tassements, au passage du bardeur portant un bloc ; malgré cela, lors des premières opérations, il s'en est encore produit qui ont donné lieu à des observations intéressantes, relativement à l'emploi de l'électricité.

Nous avons vu comment les blocs sont fabriqués et comment ils sont disposés sur le parc. Après séchage, il faut les enlever et les charger en bateau, pour aller les couler aux jetées. C'est dans la marche des trois appareils qui font ce service qu'intervient l'électricité.

La dynamo génératrice est installée à côté de l'atelier de réparation, elle est actionnée directement par une machine à vapeur Compound, type pilon, pouvant faire de 50 à 60 *ch.*

A 300 tours, le voltage de cette génératrice est de 220 volts ; elle est multipolaire à enroulement compound, l'anneau est du type Gramme.

Les fils, en partant des bornes de la machine, viennent à un tableau comportant un voltmètre, un ampèremètre et un commutateur.

De ce tableau part le circuit principal, sur lequel sont branchés des circuits de dérivation vers le bardeur et le transbordeur ; le chariot truck prend son énergie sur le circuit principal, lequel est bouclé.

Tous les fils sont en cuivre nu, et sont portés par des isolateurs, fixés suivant les circonstances, soit sur des poteaux, soit sur les murs, comme c'est le cas pour le circuit du truck.

Bardeur.

Le bardeur est en fer, il diffère des appareils qui ont été construits antérieurement par la nature de l'énergie employée *(fig. 19)*.

Il se compose de deux forts chevalets, reposant par l'intermédiaire de quatre axes de balanciers sur huit roues de 0,85 *m* de diamètre, fixées deux par deux à ces balanciers. Ces chevalets, écartés de 5,70 *m* d'axe en axe, sont reliés à leur partie supérieure par deux grandes poutres fortement entretoisées. Ces poutres supportent deux presses hydrauliques, aux tiges des pistons desquelles les crochets de suspension sont attachés. Sur le plancher recouvrant ces poutres, et dans la petite construction en tôle et verre que l'on voit sur la photographie, sont placés : la pompe, les engrenages de translation et la dynamo réceptrice qui fait fonctionner l'appareil.

Cette dynamo enroulée en série, est bipolaire du type Gramme. Elle reçoit son énergie par l'intermédiaire de deux trolleys.

Le courant arrive à un commutateur à rhéostat, de là il se rend aux bornes de la dynamo. Celle-ci fait, sous 220 volts, 630 tours, tandis que l'arbre, commandant les pistons des pompesenvoyant l'eau dans les presses, n'en fait que 30 ; celui dela translation n'en fait que 20. La réduction de vitesse s'opère par une vis sans fin, placée dans le prolongement de l'arbre de la dynamo, engrenant avec deux roues Bourdon à galets tronconiques, mobiles autour d'axes placés normalement aux joues des plateaux ; un

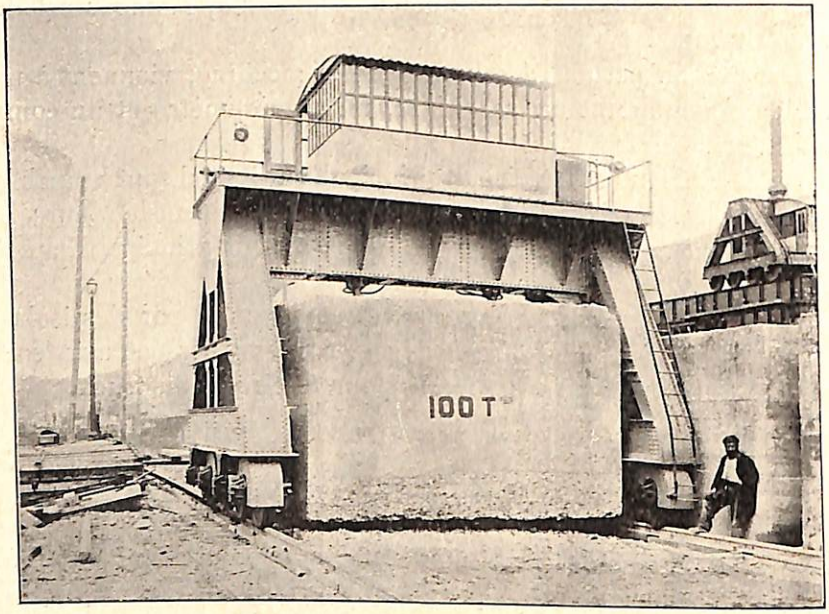


Fig. 19. — Bardeur électrique.

ressort permet un certain déplacement dans la position relative de ces plateaux.

Le changement de marche se fait par inversion de courant.

Voici comment on opère :

Le bardeur étant sur rails, placé au-dessus du bloc à enlever et à transporter, le conducteur ouvre le robinet des presses hydrauliques pour faire descendre les crochets ; aussitôt à hauteur des étriers, il le fait avancer et les crochets sont embecquetés ; il met alors les pompes en mouvement, elles aspirent l'eau d'une bâche placée sous le plancher et la refoulent sous les pistons des presses ; le bloc est soulevé de 0,20 à 0,30 *m* ; le con-

ducteur arrête les pompes, il embraye le mouvement de translation, qui se fait par l'intermédiaire d'un arbre sur lequel sont placés deux pignons portant des chaînes de Galle, lesquelles viennent s'enrouler chacune sur une roue placée de chaque côté du bardeur, et calée sur le même axe que la roue porteuse *(fig. 20)*.

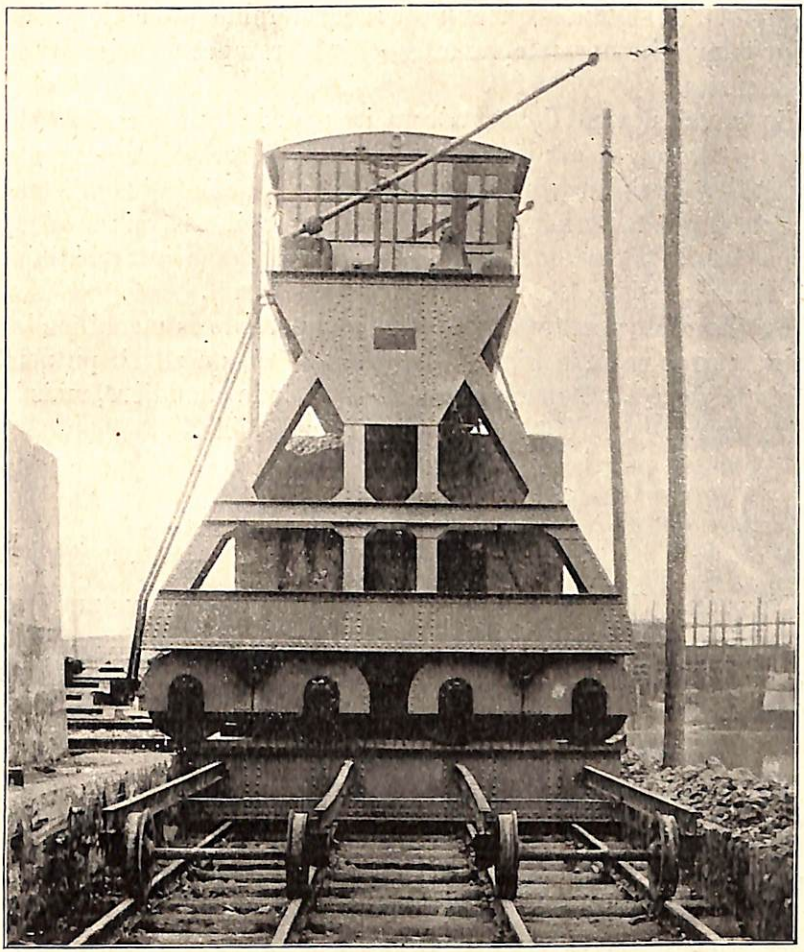


Fig. 20. — Bardeur et bloc sur truck électrique.

Le bardeur se met alors en marche vers la fosse à chariot ; les rails du truck étant dans le prolongement de ceux du parc, le bardeur roule dessus ; arrivé en place, le conducteur ouvre le robinet des presses, l'eau retourne à la bâche et le bloc descend sur le truck.

Il fait ensuite machine en arrière, et retourne alors prendre un nouveau bloc pour recommencer le même travail.

Nous avons dit que, lors de la première opération de manutention des blocs, il s'était fait des tassements assez grands dans la voie, malgré les précautions prises et la dimension des rails employés. Ces tassements eurent pour conséquence d'exiger l'emploi d'une force beaucoup plus considérable que celle prévue pour la marche normale, pour franchir les rampes formées par ces tassements.

En travail normal l'effort nécessaire pour le transport d'un bloc de 100 *t* est de 12 *ch* ; la réceptrice est de la force de 15 *ch* ; pour sortir des trous formés par les tassements, il a fallu jusqu'à 40 *ch* de force, pendant un laps de temps très court il est vrai ; la réceptrice les a parfaitement transmis, les organes intermédiaires étant assez résistants pour répondre à ce travail.

Cet exemple montre quelle élasticité possède la machine électrique ; avec une machine à vapeur de 15 *ch*, on aurait pu peut-être arriver à 20 *ch* en forçant la pression de la chaudière, mais lui faire donner 40 *ch* eût été tout à fait impossible.

Truck.

Nous avons laissé le bloc sur le truck, qui circule sur une fosse à chariot. Il se compose d'une plate-forme ayant 6 *m* de longueur sur 4,60 *m* de largeur, reposant par l'intermédiaire de huit longerons de 0,35 *m* de hauteur, sur quatre essieux placés deux par deux dans la même ligne, à chaque extrémité du truck. Sur chacun des essieux sont calées des roues de 60 *cm* de diamètre ; par suite, la voie sur laquelle roule ce truck est à quatre files de rails placés sur des traverses d'une seule longueur ; ces rails sont, comme ceux du bardeur, du poids de 54 *kg* le mètre.

Les huit longerons sont réunis à leurs extrémités par des traverses de 750 *m* de haut, sur lesquelles sont fixés les rails, qui servent de chemin de roulement au bardeur, ils sont pour cela à tous les instants au même niveau que ceux du parc.

La translation se fait à l'aide d'une dynamo réceptrice semblable à celle du bardeur, ayant même force, mêmes organes de réduction de vitesse ; l'arbre sur lequel sont calés les plateaux à galets, porte à ses extrémités deux pignons qui attaquent deux roues dentées, placées chacune sur les essieux d'une des extrémités.

La dynamo tourne à 600 tours par minute, les essieux à 5,7 tours; la réduction de vitesse est donc de 105 : 1.

La prise de courant se fait par deux galets en bronze, placés sur les côtés et soulevant les circuits, le courant arrive aux bornes d'un commutateur à rhéostat placé sur l'avant du truck et dont la manette est à hauteur convenable pour la manœuvre. Le changement de marche se fait de la même façon et avec les mêmes précautions qu'au bardeur.

Le bloc repose sur deux pièces de bois de chêne placées convenablement pour la bonne répartition de la charge sur la plateforme.

Le truck, mis en mouvement, vient se placer au-dessous de l'appareil transbordeur; le bloc est enlevé par ce dernier et le truck retourne en recevoir un nouveau.

Transbordeur.

Le transbordeur *(fig. 21)* est à peu près semblable comme construction au bardeur, il en diffère cependant par l'attache

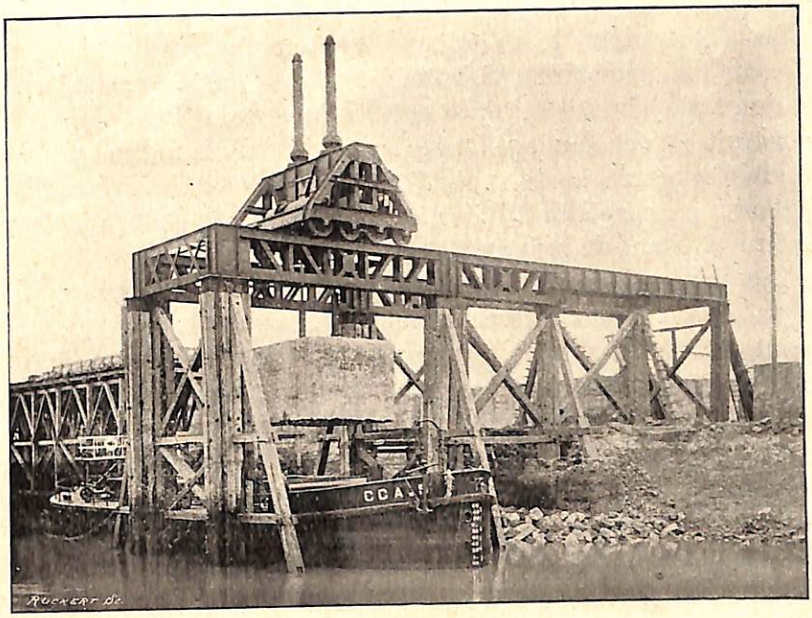


Fig. 21. — Transbordeur électrique.

des roues qui sont fixées rigidement aux longerons au lieu de l'être par l'intermédiaire de balanciers, ce qui est inutile dans

ce cas, la voie étant parfaitement solide sur ses poutres ; il en diffère encore par la longueur des presses hydrauliques dont les pistons ont ici une course de 7 *m*, cette grande course étant nécessitée par les différences de niveau de l'eau, en raison de la marée. Il en diffère enfin par les pompes des presses qui ont des diamètres différents ; l'une, étant destinée à fournir l'eau pour le levage du bloc, est à petit diamètre, l'autre, pour le levage des pistons et des crochets seulement, a un plus grand diamètre pour faire ce relevage en peu de temps.

La réceptrice et les organes de réduction de vitesse sont exactement les mêmes que ceux du bardeur et du truck, la mise en marche et l'arrêt se font avec les mêmes précautions et de la même manière qu'aux deux machines précitées.

Cet appareil roule sur des rails espacés de 5,70 *m* fixés sur de fortes poutres en fer de 1 *m* et 1,70 *m* de hauteur portées par cinq palées en bois ; les deux travées du milieu sont entretoisées et croisillonnées dans le sens longitudinal, les deux travées extrêmes restant libres, l'une pour le passage du truck chargé du bloc, et l'autre, celle du côté de la darse, pour le passage des chalands à clapets.

Les deux palées de cette travée sont composées de pieux de 25 *m* de longueur, dont 12 à 13 *m* de fiche ; cette grande pénétration a été nécessitée par la nature du terrain, la place où est construit cet échafaudage étant l'ancien lit du Nervion qui s'est ensablé et envasé après la rectification ; de grandes précautions étaient à prendre afin d'éviter des tassements, la charge à porter en travail étant de près de 200 *t*.

Les pieux n'ont pas pu être battus au refus ; malgré cela, il n'y a pas eu de tassements dangereux, la surface de frottement étant suffisante ; chaque montant de la palée est composé de huit pieux solidement reliés par des boulons et par un chapeau en tôle et cornières, sur lequel repose la poutre.

La manœuvre de transbordement se fait de la façon suivante : le bloc étant sur le truck entre les deux dernières palées terre, le transbordeur est amené au-dessus ; le conducteur laisse descendre les pistons et crochets ; par un petit mouvement en avant, ils viennent s'embecqueter seuls dans les étriers. La petite pompe est mise en mouvement, elle aspire l'eau du réservoir placé sur l'appareil du côté opposé à la cabine vitrée, et la refoule dans les presses, le bloc est soulevé ; si la marée est haute, il faut le lever, jusqu'au dessus des parois des coffres des bateaux, cela

peut aller jusqu'à 1,50 *m* ; si, au contraire, elle est basse, il suffit de le lever de quelques centimètres pour le dégager de dessus le truck, de l'amener au-dessus du bateau et de le descendre d'une hauteur qui peut atteindre 7,60 *m*.

Dans ce cas, la course du piston des presses n'est pas assez longue ; une disposition spéciale y obvie : deux éclisses de 1,30 *m* de longueur, attachées à demeure au piston et entre lesquelles glisse le crochet, permettent d'allonger ou de raccourcir, suivant les besoins de la marée, la hauteur de charge.

A l'arrivée au-dessus du bateau, le conducteur ouvre le robinet des presses et le bloc descend dans la caisse placée au-dessous de lui ; il vient s'appuyer sur deux clapets dont nous parlerons plus loin. L'opération faite, le transbordeur retourne prendre un autre bloc sur le truck pour l'amener au bateau.

En moins d'un quart d'heure, les trois appareils lèvent, transportent et chargent un bloc de 50 m^3.

Dès le premier jour de la mise en marche, c'est-à-dire en 1890, cette installation a parfaitement fonctionné et elle a continué à le faire depuis, sans aucun arrêt ni accident.

Les dépenses sont moindres avec l'emploi de l'électricité qu'avec la vapeur : sur chaque appareil, il aurait fallu monter une chaudière et une machine à vapeur ; la dépense de charbon n'aurait pas été moindre de 10 à 15 *kg* par cheval-heure effectif pour d'aussi petites machines, sans détente ni condensation, et étant donnée l'obligation de maintenir continuellement la pression dans la chaudière, en attendant même, en cas de temps incertain, que l'état de la mer devînt beau ; tandis qu'avec l'installation électrique et bien que le rendement de l'ensemble ne soit que de 55 0/0 environ, en y comprenant la perte provenant des organes de réduction de vitesse (vis, roues et galets), la dépense de charbon ne dépasse pas 5 à 6 *kg* par cheval et par heure, car il suffit que le chauffeur des générateurs de l'atelier central soit prévenu quelques instants avant le travail, pour pousser son feu et fournir la vapeur nécessaire à la machine compound actionnant la génératrice.

Il en est de même pour la main-d'œuvre : il faut un seul ouvrier mécanicien électricien qui, en même temps qu'il conduit la machine à vapeur et la génératrice, a la surveillance des machines électriques. Trois ouvriers manœuvres conduisent le bardeur, le truck et le transbordeur. Si de petites machines à vapeur avaient été employées, il aurait fallu trois chauffeurs mécaniciens au lieu

d'un, avec des manœuvres pour apporter et monter le charbon et l'eau aux appareils. L'emploi de l'électricité supprime donc plus de la moitié des hommes.

Quant à l'entretien, il est pour ainsi dire nul avec l'électricité : la plus grande dépense consiste à remplacer les balais à des intervalles encore assez longs.

Avec la vapeur, il y a la chaudière à entretenir, les tubes à remplacer souvent, surtout à Bilbao, où les eaux sont très mauvaises ; la machine à vapeur, à cause de ses nombreux organes, demande beaucoup de soins et d'entretien ; là encore les dépenses du côté électrique sont beaucoup inférieures.

Le danger pour le personnel est nul, bien que les fils soient nus ; ils sont souvent touchés par les ouvriers, sans autre inconvénient qu'une petite secousse pour celui qui se met en contact.

Cette installation d'un chantier de travaux publics avec emploi de l'énergie électrique, qui, nous le croyons, a été la première du genre, nous a donné une telle satisfaction que nous n'avons pas hésité un seul instant à équiper nos deux autres chantiers de la même façon.

MM. Hillairet et Huguet, nos collègues, nous ont fourni les appareils électriques, leurs conseils nous ont été très précieux.

Chalands à clapets pour le transport des blocs artificiels.

Les blocs sont chargés sur des bateaux à clapets qui les conduisent à la mer *(fig. 22 et 23)*.

Ces bateaux présentent quelques nouveautés dans leur cons-

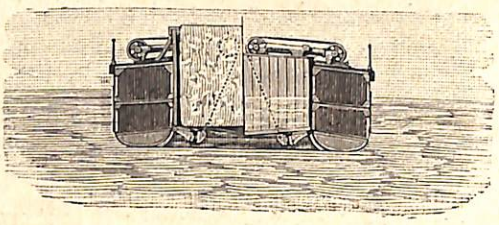


Fig. 22. — Chaland à clapets. Coupe transversale.

truction ; ils ont 32 *m* de longueur, 7,30 *m* de largeur et 2,25 *m* de creux. Des puits sont ménagés en leur milieu pour recevoir les blocs, soit de 30 m^3, soit de 50 m^3.

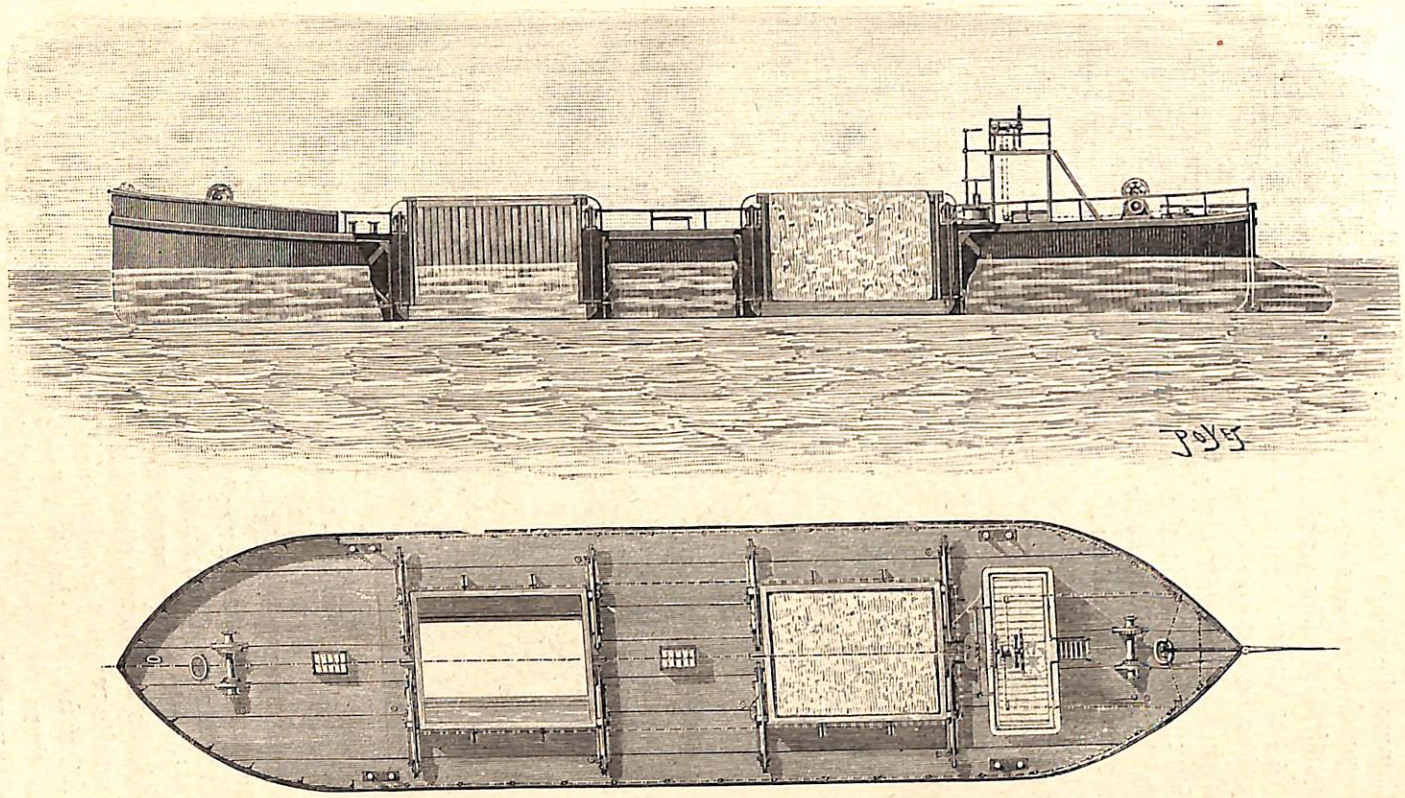


Fig. 23. — Plan et coupe longitudinale du chaland à clapets pour le transport des blocs artificiels.

Comme la coupe transversale l'indique, les blocs viennent reposer chacun dans un puits sur deux petites portes reliées par des charnières aux parois latérales et supportées à leurs extrémités par quatre chaines venant passer sur des poulies fixées aux têtes de pistons de quatre presses hydrauliques.

L'eau sous pression est fournie aux huit presses par une pompe à deux pistons de diamètres différents; cette pompe est mue à bras; le grand piston sert au relevage de la porte à vide, le petit au soulèvement du bloc pour l'enlèvement du déclic.

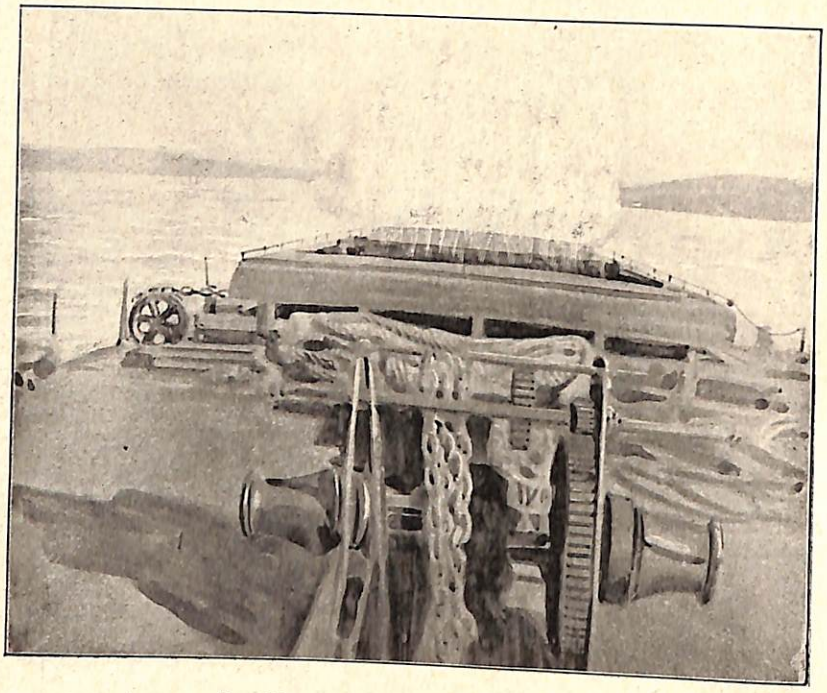


Fig. 24. — Immersion d'un bloc de 100 *t*.

Les diverses opérations se font comme suit : le bateau se présente sous le transbordeur ; à ce moment, les portes sont relevées et les chaînes qui les soutiennent sont encliquetées, afin de ne pas laisser la charge porter sur l'eau des presses ; les blocs sont descendus dans les puits et s'appuient sur les portes ; le bateau est ensuite remorqué jusqu'aux jetées ; là des sondeurs indiquent au patron à quel point ils doivent être déchargés. Quelques centaines de mètres avant l'arrivée à destination, la pompe est mise en mouvement par quatre hommes ; la pression arrivant aux

presses tend les chaines, les cliquets, devenus libres, sont abattus, la charge du bloc repose alors entièrement sur l'eau des presses; au signal donné, il suffit d'en ouvrir les soupapes; l'eau revient à la bâche, les petites portes s'abaissent et les blocs coulent; une

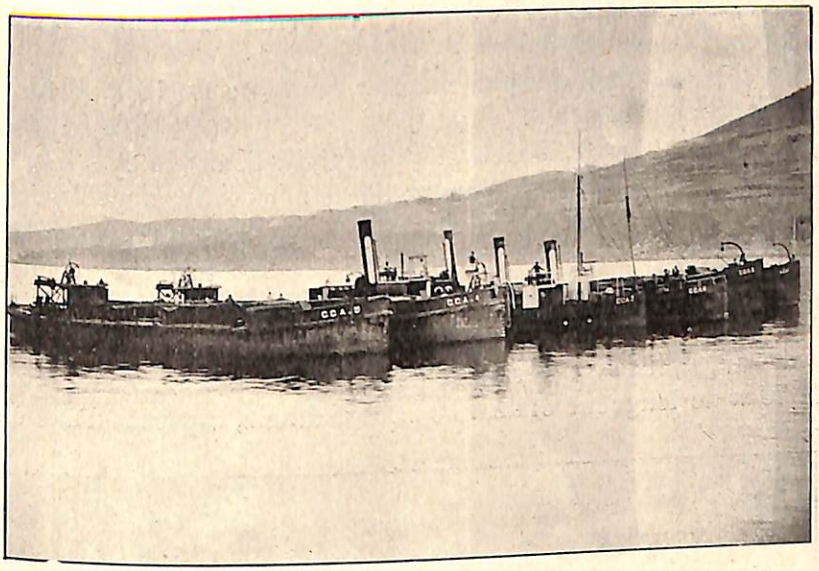


Fig. 25. — Flotte de l'entreprise.

grosse gerbe d'eau *(fig. 24)* s'élève et retombe à travers le puits et l'opération est terminée.

La photographie ci-contre montre la flotte chargée du transport des matériaux à la mer *(fig. 25)*.

Chantier du brise-lames à Santurce.

Le deuxième chantier est celui du brise-lames à Santurce.

La première installation, car il y en a eu deux, était établie à terre le long de la route de Santurce au brise-lames, non loin de son enracinement.

On confectionnait dans ce chantier les blocs de 10 *t* destinés à former les parements.

Une génératrice de 36 kilowatts produisait l'énergie et la transmettait aux réceptrices d'un appareil que nous avons appelé pont-atelier, chargé d'exécuter le travail de superstructure.

Pont-atelier *(fig. 26)*.

Cet appareil se composait de deux grandes poutres en acier de 31,70 *m* de longueur et de 4,50 *m* de hauteur, espacées d'axe en

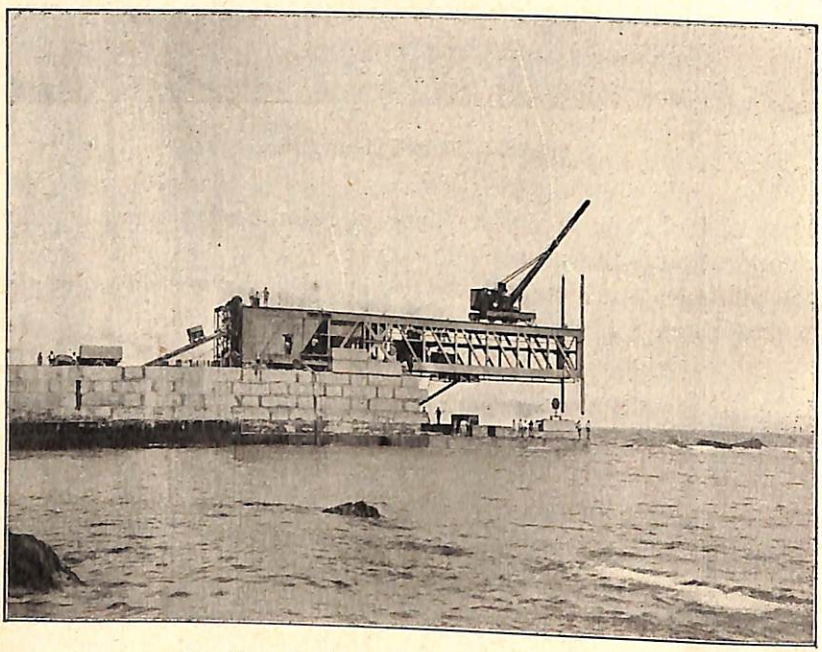


Fig. 26. — Pont-atelier électrique. (Vue de côté).

axe de 3,75 *m*, et reliées à la partie inférieure, au milieu et à la partie supérieure, par des entretoises, et fortement contreventées. Sur ces entretoises, étaient posés des madriers qui formaient le

plancher des trois étages sur lesquels se faisaient les différentes opérations nécessaires à la construction du brise-lames.

Au premier étage se trouvait une bétonnière à tambour pouvant avancer et reculer mécaniquement sur une voie de 20 *m* de longueur ; elle était actionnée par une dynamo réceptrice à enroulement compound de 12000 watts à 600 tours et sous 200 volts de F. E. Cette dynamo tournait toujours dans le même sens, l'avancement et le recul de la bétonnière se faisaient par l'intermédiaire d'un embrayage à friction commandant les deux mouvements. Un rhéostat avec des résistances appropriées était intercalé dans le circuit, pour régulariser la mise en marche et l'arrêt de la réceptrice.

Une dynamo semblable, placée à l'arrière de l'appareil, commandait un arbre vertical qui transmettait le mouvement aux monte-charges des wagonnets à matériaux ; il commandait aussi le mouvement de translation de la grue placée au troisième étage. Cette réceptrice actionnait en outre une pompe centrifuge fournissant l'eau nécessaire à la confection du béton ; cette eau arrivait dans les réservoirs situés au deuxième étage ; de là par un tuyau en caoutchouc enroulé sur un tambour par l'axe duquel sortait le tuyau; l'eau arrivait à la bétonnière ; un robinet manœuvré à la main en réglait la distribution.

Enfin elle commandait, par l'intermédiaire d'une vis, d'une roue héliçoïdale et de chaines Galle, la translation de l'appareil entier.

Au deuxième étage arrivaient les wagonnets chargés du mélange (pierre cassée, sable et ciment) pour faire le béton ; ils roulaient sur deux voies, les wagons pleins d'un côté, les wagons vides de l'autre. Ces wagons étaient montés et descendus par des chaines à taquets les entraînant par l'essieu.

Au troisième étage roulait sur une voie ayant l'écartement des poutres (3,75 *m*). une grue de 10 *t* dont les mouvements de levage et d'orientation se faisaient à la main ; cette grue avait pour fonction de mettre en place les blocs formant les parements du corps de la superstructure (*fig.* 27).

L'ensemble de la charpente reposait par l'intermédiaire de quatre balanciers sur seize roues, huit de chaque côté, roulant sur deux voies espacées entre elles de 3,05 *m* et dont l'écartement était de 0,70 *m*.

Huit roues étaient placées tout à fait à l'arrière, et huit à 11,60 *m* du même point, en sorte que l'appareil était en porte-à-faux sur

ce dernier appui, de 20,10 *m*. Un contrepoids en fonte était placé dans le coffre arrière pour faire équilibre à ce porte-à-faux.

Cet appareil fonctionnait très bien, quand survint la tempête du 21 février 1893 ; nous l'avions abrité contre les lames en

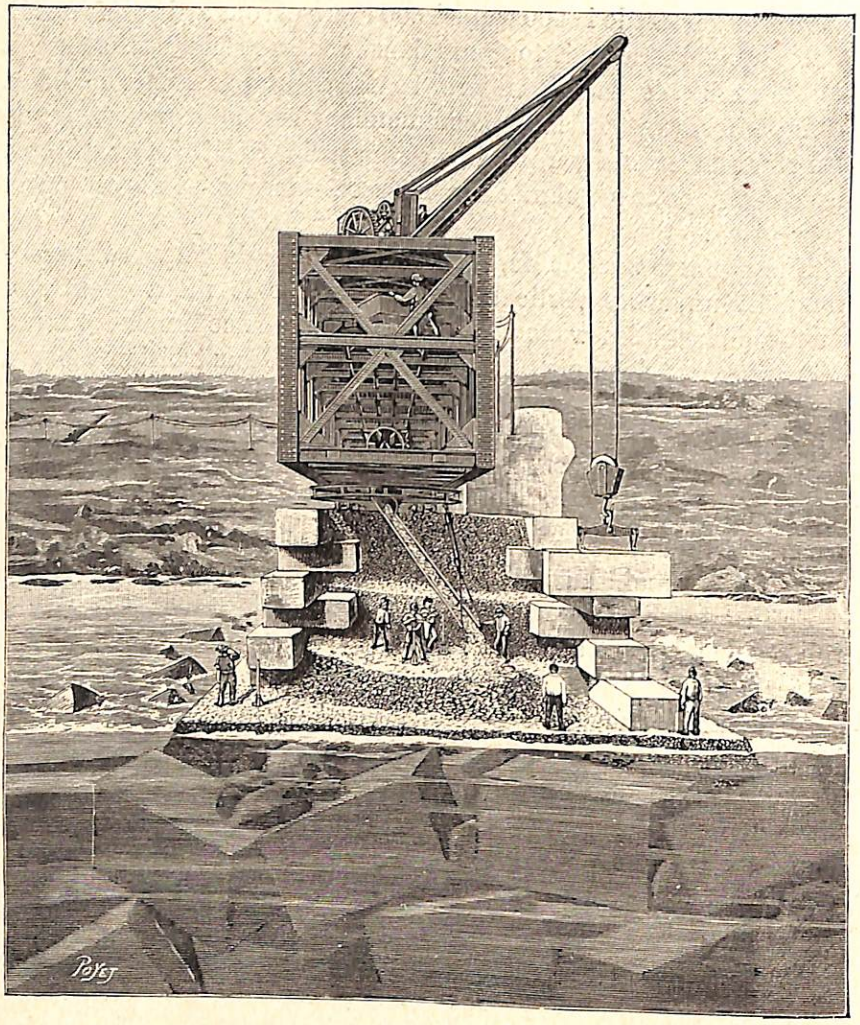


Fig. 27. — Pont-atelier électrique. (Vue en bout).

plaçant des blocs de 10 *t* du côté de la mer ; ceux-ci furent projetés contre l'appareil, la partie en porte-à-faux fut tordue, croquée et finalement renversée à la mer du côté intérieur *(fig. 28)*.

La grue de 10 *t*, qui était placée sur la culasse, ne fut pas atteinte et nous servit à démolir l'appareil ; les pièces étaient tellement déformées qu'il fallut en faire un neuf.

Ce fut l'occupation des mois de mars et d'avril.

Le 14 mai suivant, le nouveau était sur pied et recommençait à travailler. Tout l'été se passa sans encombre, l'avancement, comme nous l'avons dit déjà, était de 253 *m* ; le mois d'octobre arrivé, l'appareil fut remisé en arrière, protégé par le mur d'abri.

La tempête du 19 novembre ne respecta pas plus le pont-atelier que le brise-lames et cette fois il fut jeté à l'eau du côté intérieur

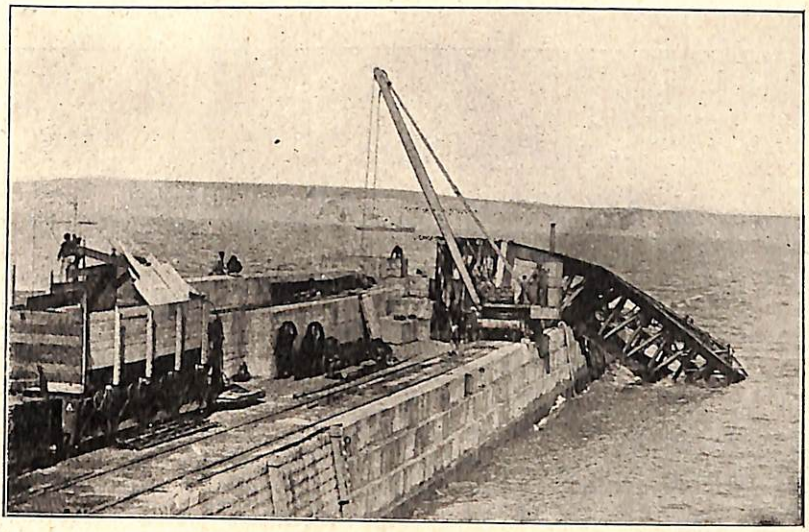


Fig. 28. — Le pont-atelier jeté à la mer.

du port d'une seule pièce ; la tempête calmée, on n'en voyait plus trace.

Nous avons pu cependant le repêcher par morceaux.

Par suite des modifications apportées dans la construction du soubassement et de la superstructure de la jetée, nous avons dû modifier le matériel d'exécution. Nous avons supprimé l'installation faite le long de la route de Santurce, toutes les manipulations se faisant sur le brise-lames même.

Grue titan électrique de 60 *t. (fig. 29).*

Nous avons étudié et fait construire un titan électrique capable de décharger les blocs artificiels de 60 *t* venant par bateau du

chantier central d'Axpe, de les mettre en place, soit dans des caissons, soit en protection, à 15 *m* de l'axe de l'appareil, soit enfin en parement à la superstructure ; de manœuvrer une cloche à air comprimé pesant 40 *t* jusqu'à une distance de 20 *m* et de décharger des petits enrochements, pesant avec la caisse, dans laquelle ils sont contenus, environ 15 *t* jusqu'à la distance de 30 *m* de l'axe.

L'appareil est en acier ; il se compose d'une partie tournante de 47,80 *m* de longueur totale, dont 31,80 *m* pour la volée et 16 *m* pour la culasse ; elle est formée de deux poutres espacées de 1,80 *m* d'axe en axe ; sur leur sommet et sur la volée, sont

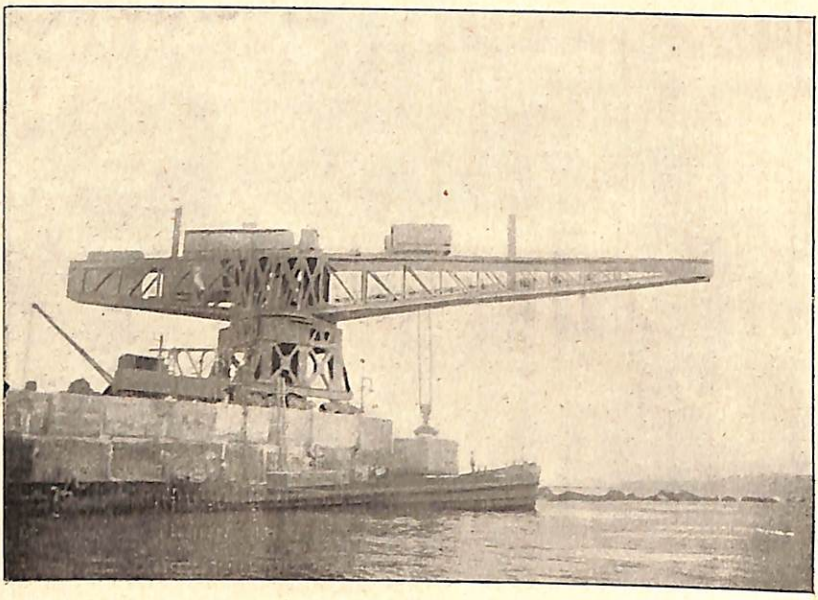


Fig. 29. — Titan électrique de 60 *t* levant un bloc.

placés des rails sur lesquels circule le treuil de manœuvre des charges. Ces deux poutres sont entretoisées à leurs extrémités, à chaque montant vertical sur la culasse, et au centre, jusqu'à l'aplomb du cercle de roulement. Sur la volée, une seule entretoise en forme de fer à cheval relie les deux poutres, en laissant la hauteur nécessaire au passage du treuil. Cette partie tournante porte sur sa culasse la chaudière, la machine à vapeur et la génératrice ; elle porte également le mouvement d'orientation.

Un contre poids en maçonnerie, placé à l'extrémité de la culasse, équilibre le poids de la volée, du treuil et des charges à ma-

nœuvrer. Cette partie tournante repose par l'intermédiaire d'une couronne de galets placés entre deux cercles de roulement, sur une plate-forme à laquelle elle est reliée par un pivot. Les cercles de roulement ont un diamètre de 6,24 *m*, la couronne dentée d'orientation est boulonnée sur la plate-forme extérieurement au cercle de roulement inférieur.

La plate-forme repose sur deux chevalets espacés de 5,94 *m* d'axe en axe, l'ensemble est porté par six groupes de quatre roues chacun par l'intermédiaire de balanciers ; ces roues roulent sur deux voies dont les rails sont espacés de 0,50 *m* ; c'est sur celles-ci que se fait la translation de l'appareil ; elle s'opère par l'intermédiaire de quatre chaînes de Galle attaquant chacune, par une roue dentée calée sur l'essieu, une paire de roues. Le

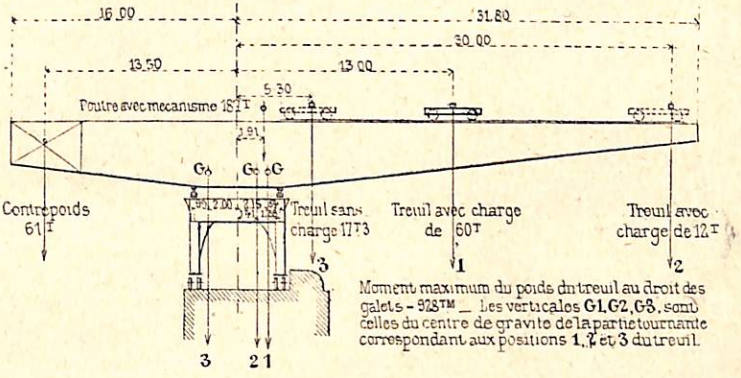


FIG. 30. — Grue-Titan de 60 *t* du brise-lames. Stabilité de la partie tournante.

mouvement est transmis à ces chaînes par quatre pignons placés à l'extrémité de deux arbres actionnés par la dynamo placée dans la hauteur de la plate-forme. La distance d'axe en axe des balanciers extrêmes est de 6 *m*.

Le diagramme ci-contre donne l'indication des positions des diverses charges et celle du centre de gravité de la partie tournante dans les trois positions extrêmes du treuil roulant *(fig. 30)*.

1° Le treuil avec charge de 60 *t*.
2° Le treuil avec charge de 15 *t*.
3° Le treuil sans charge.

Le centre de gravité de la partie tournante en charge passe à 0,84 *m* à l'intérieur avant du cercle de roulement.

Le centre de gravité de la partie tournante sans charge passe à 0,99 *m* à l'intérieur arrière du cercle de roulement.

En somme, la charpente de cet appareil ressemble à celles du même genre construites par les constructeurs français.

Ce qui le distingue de ses congénères, c'est la nature de l'énergie employée pour son fonctionnement.

C'est une véritable petite usine électrique. La génératrice est montée sur l'appareil même ; elle fournit non seulement l'énergie aux réceptrices commandant les différents organes de l'appareil, mais encore à toutes les autres machines employées à la construction.

La génératrice est de 40 kilowatts à 220 volts ; elle est com-

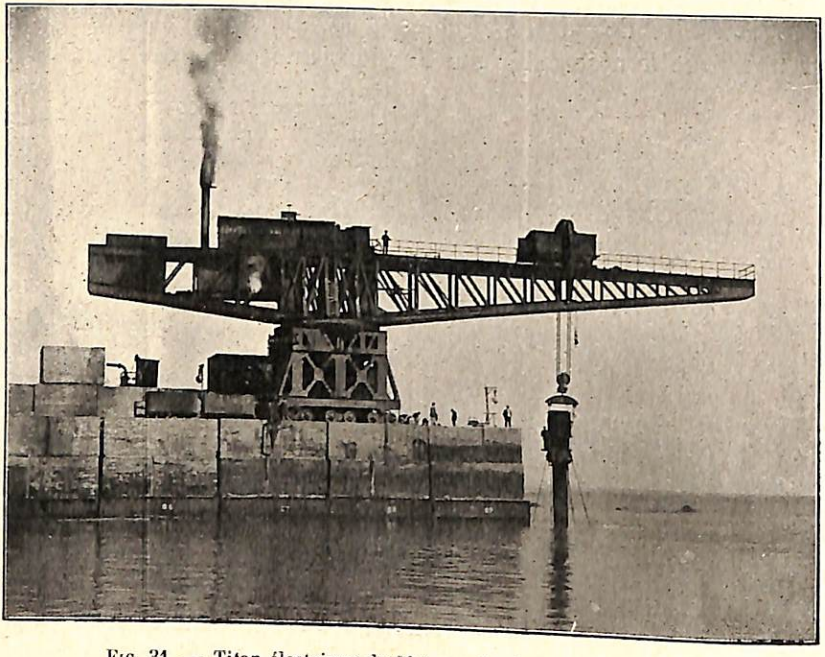


Fig. 31. — Titan électrique de 60 *t* avec la cloche à air comprimé.

mandée par une machine Willans compound marchant à 470 tours, qui reçoit la vapeur d'une chaudière Niclausse ; elle distribue l'énergie à huit réceptrices.

1° A une réceptrice de 36 kilowatts, commandant les différents mouvements du treuil, levage, descente, translation ;

2° A une réceptrice de 12 kilowatts, commandant, par l'intermédiaire d'une vis sans fin et d'un pignon engrenant dans la couronne dentée, le mouvement d'orientation ;

3° A une réceptrice de 36 kilowatts commandant la translation, sur ses rails, de l'ensemble de l'appareil ;

4° A une réceptrice de 6 kilowatts, commandant un compresseur, placé sur le sommet de l'écluse à air de la cloche de dressage des enrochements.

5° A une réceptrice de 4,5 kilowatts, commandant une petite pompe centrifuge, fournissant l'eau au réservoir d'alimentation de la chaudière, amenée d'Axpe par une citerne, et l'eau nécessaire à la confection du béton de remplissage ;

6° A une réceptrice de 12 kilowatts actionnant une grosse pompe centrifuge qui épuise l'eau des caissons, aussitôt que les blocs sont mis en place, pour couler le béton entre et sur ces blocs ;

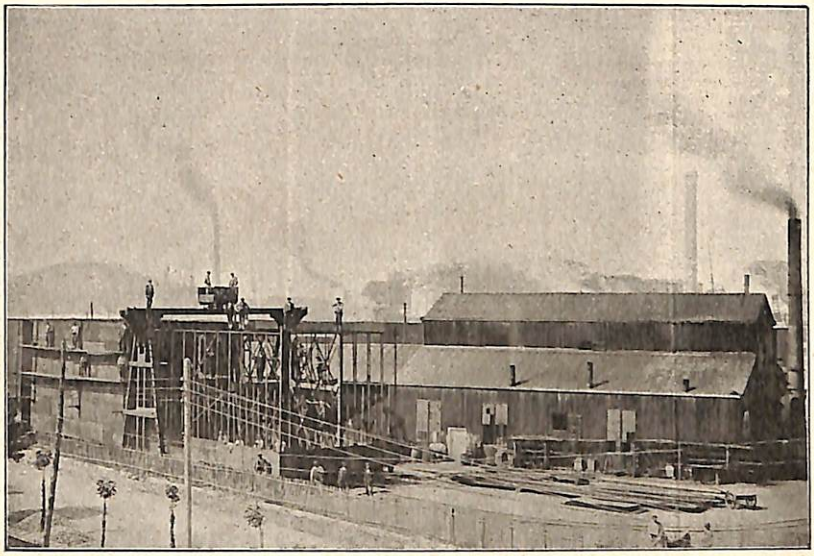


Fig. 32. — Chantier de construction des caissons.

7° A une réceptrice de 12 kilowatts actionnant un monte-charges approvisionnant les matériaux (pierre cassée, sable et ciment) nécessaires à la confection du béton ;

8° Enfin à une réceptrice de 12 kilowatts, actionnant le tambour de bétonnière fabricant le béton de remplissage des caissons et de la superstructure, ainsi que la translation sur rails de cette bétonnière.

Voici comment on procède à l'exécution :

Supposons un tronçon de 7 *m* complètement achevé, le titan avancé jusque près de sa face avant, prêt à en commencer un nouveau.

On nivelle d'abord la place où doit être posé le caisson ; pour ce faire, le titan amène en place la cloche à air comprimé disposée pour exécuter ce travail *(fig. 31)*. Cette cloche a comme longueur 7 *m*, la largeur du caisson, 2,50 *m* de largeur et une chambre de travail de 1,90 *m* de hauteur. Sur la chambre de travail un poutrage supporte le plafond, il est noyé dans un massif de béton qui fait équilibre à la sous-pression exercée par l'air comprimé envoyé dans la chambre de travail. On accède à cette chambre en passant par une écluse à air, boulonnée sur la cheminée d'accès dans laquelle se trouve l'escalier de descente.

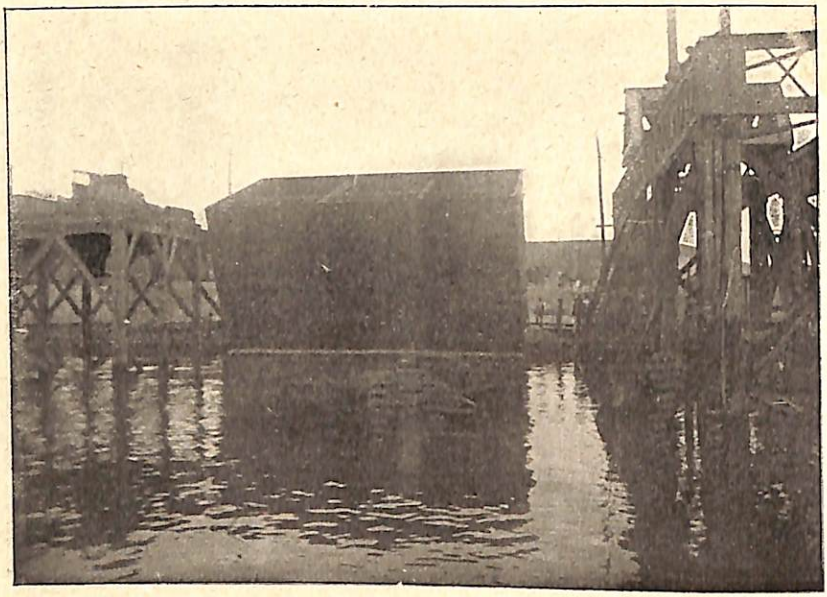


Fig. 33. — Lancement d'un caisson.

Sur le sommet de l'écluse se trouve une petite chambre dans laquelle est renfermé le compresseur, mis en mouvement par une dynamo recevant le courant de la génératrice par deux simples fils venant du titan, qu'il suffit de connecter avec les bornes de la dynamo.

Les ouvriers descendent dans la chambre et règlent la surface des enrochements ; il faut environ vingt-quatre heures pour ce travail. Une fois achevé, la cloche est soulevée à nouveau par le titan et remisée à l'intérieur du port, le long du brise-lames.

Le caisson est ensuite amené. Ces caissons sont construits au chantier central *(fig. 32)*; ils pèsent environ 30 *t* chacun. Pour les conduire au plan incliné de lançage, on les monte sur deux wagonnets plates-formes à voie de 0,60 *m* qui viennent se placer sur le truck électrique qui les conduit lui-même au plan incliné; celui-ci est composé de deux rails fixés sur deux murs en maçonnerie, inclinés à 3 de base pour 1 de hauteur.

Les plates-formes comportent chacune une bascule sur laquelle repose le caisson, il suffit de déclencher un renard qui les maintient horizontalement, pour les faire avec un faible effort basculer et le caisson glisse à l'eau *(fig. 33)*.

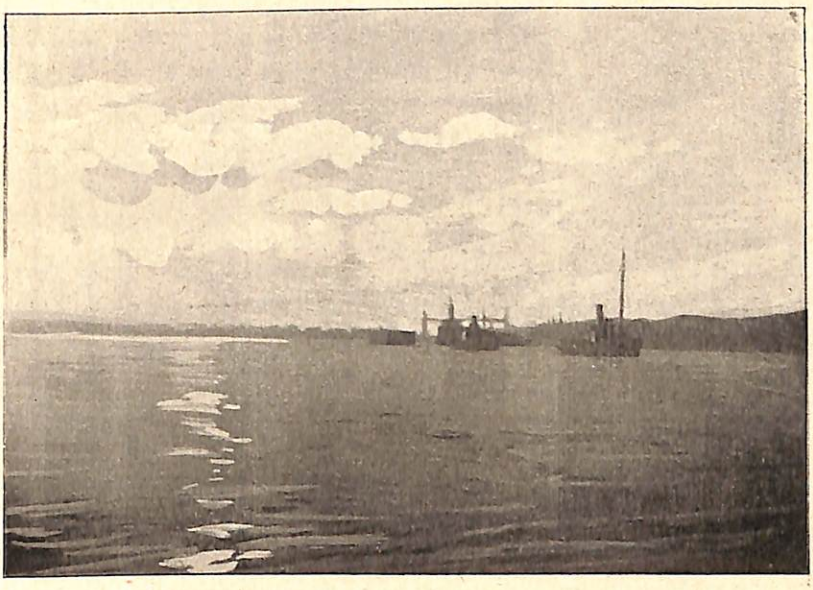


Fig. 34. — Remorquage d'un caisson.

Après le lançage, le caisson est conduit sous une bétonnière qui dépose sur son plafond une couche de 1,50 *m* de béton, c'est en cet état qu'il est remorqué au brise-lames *(fig. 34)*.

Aussitôt arrivé en place, il est saisi de chaque côté par des amarres enroulées sur des treuils placés à terre, qui le tirent dans le prolongement de la partie déjà exécutée ; quand il est bien à sa place, une grosse pompe centrifuge mue par une réceptrice est amenée par le titan auquel elle est suspendue, on fait les connections et la pompe remplit le caisson, un clapet placé

dans l'une des parois active l'enfoncement. Dès que le caisson touche le fond, la pompe est arrêtée et remisée derrière l'appareil *(fig. 35)*.

Les blocs de 60 *t*, amenés par bateau du chantier central, sont pris par le titan et descendus dans le caisson ; il y a deux assises de 6 blocs dans chacun d'eux; une fois placés, la pompe centrifuge est reprise, le clapet du caisson est fermé et l'épuisement commence. Les blocs servent d'appui aux parois, qui ne pourraient sans cela résister à la charge d'eau extérieure qui varie de 3,50 *m* à 5,50 *m* ; l'épuisement achevé, une bétonnière

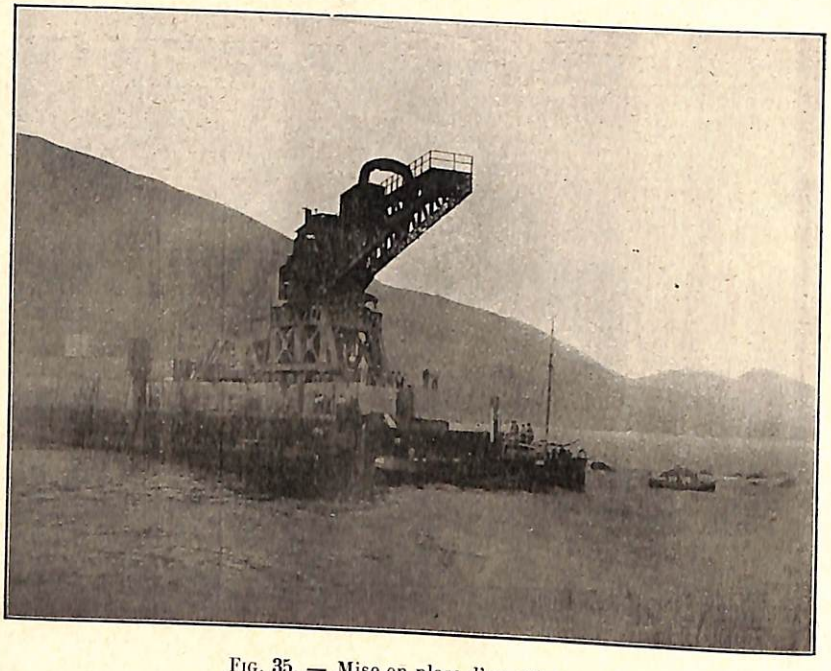


Fig. 35. — Mise en place d'un caisson.

termine le remplissage du caisson en garnissant les lits et les joints des blocs, ainsi que la couche de 0,50 *m* d'épaisseur en recouvrement de béton en ciment à prise rapide.

Cette bétonnière se compose d'un cylindre monté sur un châssis porté par deux essieux et quatre roues, circulant sur une voie d'un mètre d'écartement. Les matériaux, ciment, sable, pierre cassée, distribués dans la proportion réglementaire, arrivent dans des wagonnets à voie de 0,50 *m*, les caisses sont prises par un monte-charges à crochet mû par une réceptrice, amenées

au-dessus et déversées dans la trémie de la bétonnière où ils sont mélangés avec l'eau nécessaire fournie par une petite pompe centrifuge mue également par une réceptrice ; ces matériaux entrent secs d'un côté du cylindre, sortent de l'autre à l'état de béton et tombent dans le caisson. Cette opération terminée, la pose des blocs de parement commence, puis le remplissage en béton de ciment à prise rapide suit ; les deux assises étant posées et leur intervalle garni, on pose les voies en avancement, le titan s'avance d'une longueur de caisson et est prêt à en recommencer un nouveau. Par beau temps, l'opération complète dure trois à quatre jours ; nous sommes parvenus pendant un beau mois de juin à en placer 9 ; par contre, il y a certains mois où nous n'avons pu en placer que deux. La marche générale est de 30 à 31 caissons pour la campagne de cinq mois, ce qui représente une longueur de 210 à 217 *m* de superstructure.

Comme nous l'avons dit au commencement, il y aura bientôt douze ans que ces travaux nous ont été confiés ; c'est un temps qui semble long pour construire un pareil ouvrage, mais si l'on songe que l'on ne peut travailler que du 15 avril au 15 septembre, c'est-à-dire pendant cinq mois, et que, pendant cette période, il y a bien encore une trentaine de jours pendant lesquels la mer n'est pas maniable, il reste quatre mois de travail par an, soit pour onze ans environ quarante-quatre mois effectifs ; on reconnaîtra qu'il est difficile d'aller plus vite, et que c'est grâce au système et au matériel employé que l'on est parvenu au résultat où nous en sommes au commencement de cette année.

CHANTIER DU CONTRE-MOLE A ALGORTA *(fig. 36)*.

Les installations du chantier du contre-môle ne sont pas semblables à celles du brise-lames, parce que les travaux sont exécutés différemment.

On fabrique sur place les blocs de parement, les blocs de 60 *t*, les blocs formant le mur d'abri, et on les charge sur wagons

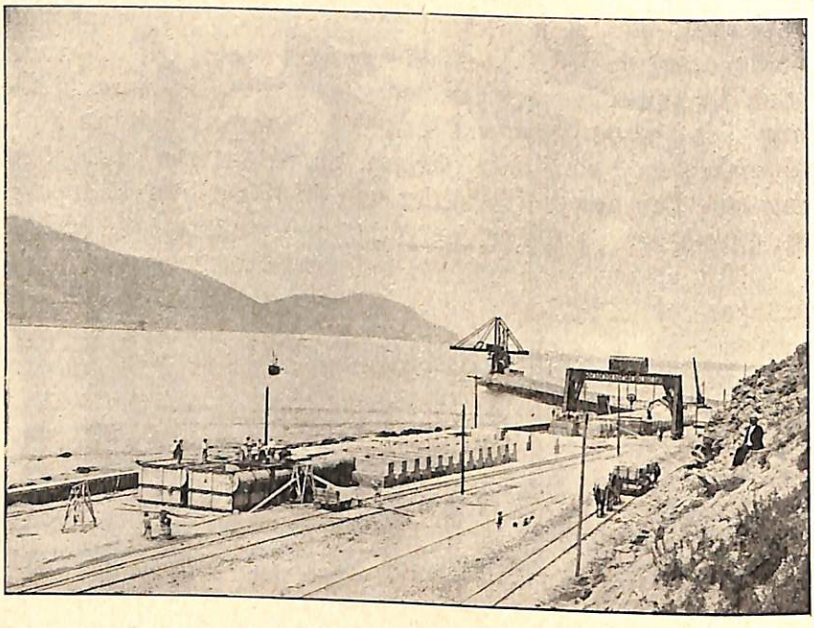


Fig. 36. — Chantier du contre-môle.

pour être conduits à l'avancement; pour cette raison, la génératrice, la machine à vapeur, sa chaudière, en tout semblables à celles du titan de Santurce, sont installées à terre, et l'énergie est distribuée par des circuits montés sur poteaux, à 8 réceptrices.

1° A une réceptrice de 36 kilowatts commandant les organes d'un bardeur;

2° A une réceptrice de 13 kilowatts commandant une pompe

centrifuge fournissant l'eau au chantier et placée à 800 *m* au delà de la route de Las Arenas ;

3° A une réceptrice de 36 kilowatts commandant les différents mouvements du treuil du titan ;

4° A la réceptrice du mouvement d'orientation ;

5° A la réceptrice commandant les organes de translation de l'appareil ;

6° A une réceptrice 4,5 kilowatts commandant une petite pompe centrifuge fournissant l'eau pour le béton.

7° A une réceptrice de 13 kilowatts actionnant le monte-charge de la bétonnière ;

8° A une réceptrice de 13 kilowatts commandant la bétonnière.

Les matériaux, ciment, sable et pierre cassée, sont amenés la nuit d'Axpe par nos locomotives et nos wagons en empruntant la voie du chemin de fer d'Axpe à Las Arenas, puis par notre voie de Las Arenas au contre-môle. Ces matériaux sont déchargés dans de grandes caisses-magasins placées sur la droite du chantier ; ces caisses sont élevées de 1,70 *m* au-dessus du sol de façon à laisser circuler au-dessous les wagonnets qui portent les matériaux aux différents appareils. Des vis commandant des trappes de fond permettent de distribuer dans ces wagonnets les quantités de matériaux prescrites au cahier des charges.

Les blocs sont fabriqués et disposés comme à Axpe par files ; une fois secs, ils sont levés par un bardeur et chargés sur wagons pour être conduits au contre-môle.

Le bardeur a une portée plus grande que celui d'Axpe, il opère un mouvement de plus que ce dernier, pour cette raison il n'est pas semblable.

Il a 16 *m* d'écartement entre les roues qui le portent, le treuil roule sur deux rails placés sur les deux poutres supérieures espacées de 1,90 *m*. Ce treuil réalise, par sa réceptrice de 36 kilowatts et ses différents engrenages, tous les mouvements suivants : montée et descente de la charge, translation du treuil sur ses poutres et translation de l'appareil sur les rails du parc aux blocs.

Le soubassement et la superstructure du contre-môle sont exécutés par un titan plus grand que celui de Santurce, pouvant décharger et poser des blocs de 60 *t* à 17 *m* de l'axe et des caisses de béton de 18 *t* à 32,20 *m*.

Grue-Titan électrique de 60 *t* (*fig. 37*).

La partie tournante est construite différemment : elle est constituée par des poutres de faible hauteur supportées en divers points de leur longueur par des tirants fixés au sommet d'une grande bigue verticale. Cette disposition procure une plus grande rigidité de l'ensemble sous l'influence des vibrations produites par le fonctionnement du treuil et par le mouvement d'orientation.

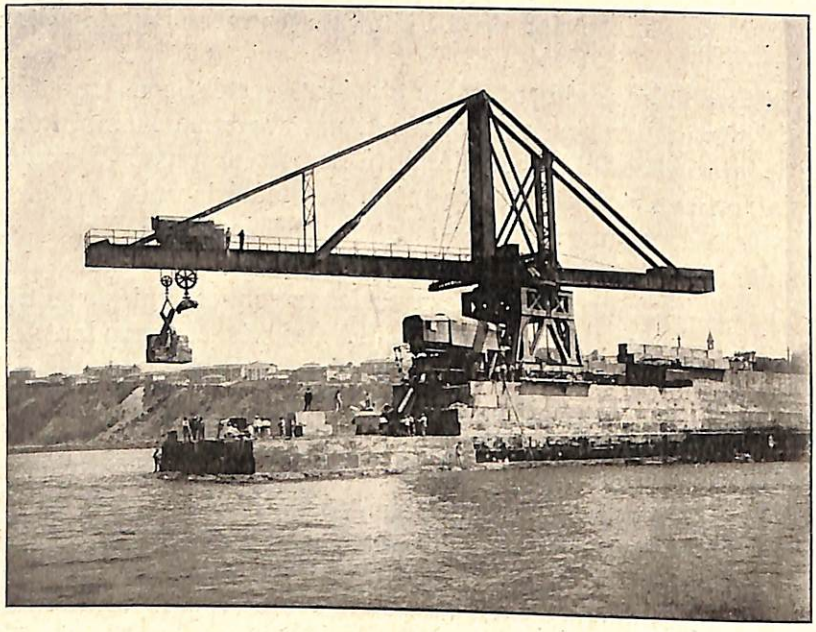


Fig. 37. — Grue-Titan électrique de 60 *t* du contre-môle.

Les cercles de roulement ont le même diamètre ; enfin, pour une plus grande longueur de volée, l'appareil ne pèse pas plus que celui du brise-lames ; mais le portique est boiteux ; en raison de la largeur moindre de la plate-forme du contre-môle, il a fallu faire reposer le côté du large sur le mur d'abri, pour obtenir la base suffisante à la stabilité ; un chevalet est plus court que l'autre.

La partie tournante a 54 *m* de longueur dont 34,50 *m* pour la volée et 19,50 *m* pour la culasse.

Les dispositions mécaniques sont presque identiques à celles

du titan du brise-lames ; le mouvement de translation générale diffère par l'adoption de deux arbres verticaux dans la commande des roues porteuses, au lieu de chaînes Galle partant du haut, en raison des longueurs inégales qu'auraient eues ces chaînes.

Il n'y a que quatre chariots à balancier, de chacun quatre roues, au lieu de six chariots ; les voies de roulement ont le même écartement et même distance d'axe en axe.

Enfin l'énergie, au lieu d'être produite sur l'appareil même, provient de la génératrice placée à la côte.

Le diagramme donne l'indication des positions des diverses charges et celle du centre de gravité de la partie tournante en charge et à vide *(fig. 38)*.

Comme on le voit, celui-ci passe intérieurement à 0,55 *m* du

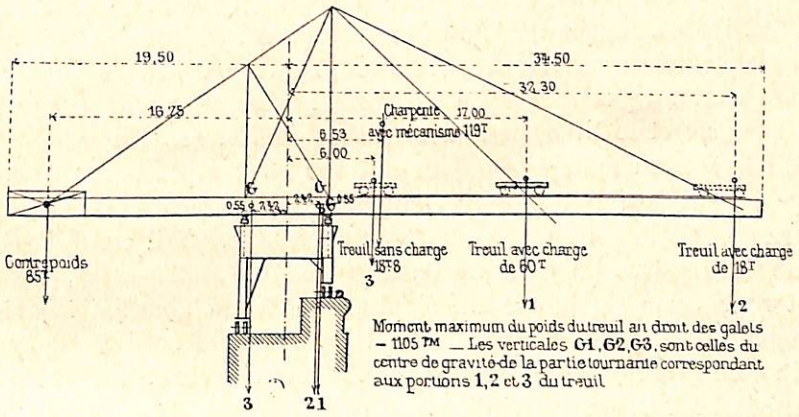


FIG. 38. — Grue-Titan de 60 *t* du contre-môle. Stabilité de la partie tournante.

cercle de roulement vers l'avant dans le cas de la charge de 60 *t*, et à 0,55 *m* vers l'arrière dans le cas où l'appareil est déchargé, le treuil ramené près du centre.

La marge de sécurité n'est pas très grande, et il est indispensable de maintenir la voie absolument de niveau.

Le travail s'exécute de la façon suivante :

Les enrochements naturels sont amenés des carrières d'Axpe par bateaux à clapets et coulés en place comme au brise-lames. Quand deux hivers ont fait tasser ces enrochements, on travaille au soubassement et à la superstructure ; le soubassement est formé en partie de blocs de 100 *t* jetés çà et là, et de sacs de béton d'une contenance d'environ 8 m^3.

Ces sacs sont placés et remplis dans de grandes caisses s'ouvrant par le fond ; le béton est fabriqué par une bétonnière semblable à celle de Santurce ; au sortir du cylindre il tombe directement dans la caisse garnie du sac en toile ; quand il est plein, on ferme la partie supérieure en rapprochant et cousant les bords de la toile. La caisse est ensuite soulevée par le titan, conduite et et descendue jusque sur les enrochements, à l'emplacement que doit occuper le sac ; en touchant le fond, les chaines soutenant les clapets par deux verrous deviennent molles, les verrous sont déclenchés ; en soulevant la caisse, les clapets s'ouvrent et le sac reste au fond ; comme il n'est pas remué, le ciment, n'étant pas dilué, n'est pas emporté, il fait prise en se collant aux sacs voisins ; après un jour ou deux, on peut araser la surface à la cote + 1 et commencer la pose des blocs.

Ces blocs sont fabriqués sur le terre-plein précédant le contre-môle : ils le sont par files, un bloc comprend deux assises moulées ensemble, une boutisse et une panneresse, cela a été fait ainsi pour ne pas mettre en mouvement des appareils. comme le bardeur et le titan, pour des masses de 10 *t* seulement.

Le bardeur se place au-dessus du bloc à lever, il le prend avec une tenaille spéciale qui le serre par les côtés, le treuil roulant sur la partie supérieure l'amène sur un wagon, où il est déposé. Une locomotive le conduit ensuite sur le contre-môle, là il est repris par le titan armé également de sa tenaille et mis en place ; les parements sont ainsi préparés, le remplissage se fait, entre eux et par assises, par la bétonnière dont nous avons donné plus haut la description.

Quant au mur d'abri, il n'est pas, comme au brise-lames, moulé sur place, il est composé de tronçons de 5 *m* de longueur moulés sur le terre-plein et amenés après environ trois mois de séchage. Le bardeur charge ces tronçons sur des trucks, le levage se fait en passant deux chaines accrochées au palonnier du treuil autour du morceau à lever ; celui-ci se met en marche, lève le bloc à hauteur de la plate-forme, une locomotive remorque wagon et bloc à l'avancement. Là il est repris et mis en place par le titan. Quand ces tronçons de mur d'abri sont placés sur la longueur préparée, les voies sont posées et le titan s'avance jusqu'à l'aplomb de la dernière assise, prêt à commencer une nouvelle section.

Ces sections sont en moyenne de 20 *m* de longueur ; l'on doit profiter, pour préparer l'arasement, des marées basses de vive eau

qui descendent généralement au-dessous de la cote + 1, niveau sur lequel est posée la première assise.

L'avancement a été de 260 *m* en 1899, il a maintenant 850 *m* de longueur *(fig. 39)*.

Les blocs de protection du côté du large sont mis en place, ceux de 100 *t* par les bateaux à clapets, ceux de 60 *t* par le titan qui les arrime le mieux possible de façon à laisser le moins de vide.

A la fin de chaque campagne de travail, c'est-à-dire dans les premiers jours d'octobre, le titan est ramené à la côte, pour ne

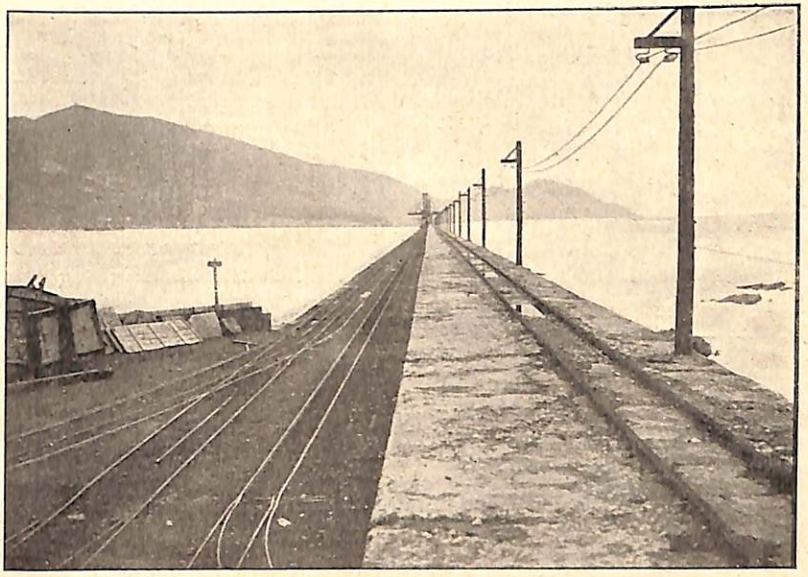


Fig. 39. — Etat d'avancement actuel du contre-môle.

pas le laisser exposé aux lames de tempête qui ne franchissent cependant pas le mur d'abri.

Le contre-môle sera complètement achevé l'année prochaine.

La quantité de béton mise en œuvre est considérable, des doutes sur la valeur de cette maçonnerie employée à la mer ont été souvent exprimés, en raison d'avaries survenues aux ouvrages par suite de la décomposition chimique des mortiers. Il y a bientôt dix ans que les premiers blocs ont été fabriqués et immergés; jusqu'ici aucune trace de décomposition n'a été vue.

Enrochements naturels et bétons employés dans les travaux au 31 décembre 1899.

Désignation des ouvrages.	Brise-lames.	Contre-môle.	Total général.
Tonnes d'enrochements de 1re classe.....	3.478 *t*	400 *t*	
id. 2e —	806.152 *t*	178.472 *t*	
id. 3e —	1.058.200 *t*	139.756 *t*	
	1.867.830 *t*	318.628 *t*	2.186.458 *t*
Mètres cubes de blocs de béton en chaux du Teil...	14.300 m^3	»	
id. Portland...	238.246	33.462 m^3	
id. de parement	35.718	14.716	
— de béton de parapet.	3.573	6.714	
— — en sacs.....	4.829	27.873	
— — du fond des caissons .	16.068	»	
— — pour les joints	15.364	»	
— — de Zumaya .	32.798	27.144	
— — d'arasement.	»	3.209	
	360.896 m^3	113.118 m^3	474.014 m^3

La valeur des travaux exécutés au 31 décembre 1899 est de 29 millions de francs environ.

Les ciments à prise lente employés proviennent des usines du Boulonnais, les conditions de réception sont rigoureuses, ce sont les mêmes que celles imposées par le cahier des charges des Ponts et Chaussées français.

Nous estimons que les blocs en béton sont préférables aux blocs en maçonnerie de moellons, par la raison qu'ils sont plus faciles à bien exécuter, que l'on peut obtenir une homogénéité plus complète, et par suite une étanchéité que nous considérons comme la principale garantie contre les décompositions chimiques. En effet, pour que cette décomposition ait lieu, il faut qu'à chaque marée l'eau puisse pénétrer et sortir du bloc.

Les bétons faits avec le ciment à prise rapide de Zumaya se comportent également bien. Ces ciments sont d'un très grand secours pour l'exécution des parties d'ouvrages exposées à la lame aussitôt construites. Ils n'ont qu'un inconvénient, c'est

d'être très irréguliers dans leur fabrication et par suite dans leur qualité, aussi est-il prudent de faire à chaque instant des essais.

Messieurs, nous avons des collaborateurs, nous sommes heureux de profiter de cette circonstance pour louer comme il convient notre collègue, M. Edmond Henry, ancien élève de l'École polytechnique, chargé des études du matériel, et M. Lasserre, ancien élève de l'École centrale, chargé de la surveillance des travaux.

Nous aurons terminé, quand nous aurons dit que les relations avec les autorités espagnoles sont des plus cordiales et bienveillantes.

Les engagements pris sont tenus scrupuleusement : pendant les plus mauvais jours de l'Espagne, en ces dernières années, elle s'est fait un point d'honneur de n'y point manquer.

Le pays est extrêmement riche, il y a encore beaucoup à faire, l'Ingénieur français y est très bien vu. Nous avons travaillé à maintenir sa bonne réputation, nous croyons y avoir réussi.

AMM. PROV. DI TORINO
№ 15.929
BIBLIOTECA
116262

IMPRIMERIE CHAIX, RUE BERGÈRE, 20, PARIS. — 14016-6-00. — (Encre Lorilleux).

PLAN GÉNÉRAL DE LA RIVIÈ
avec les travaux exécutés pour l'am

F

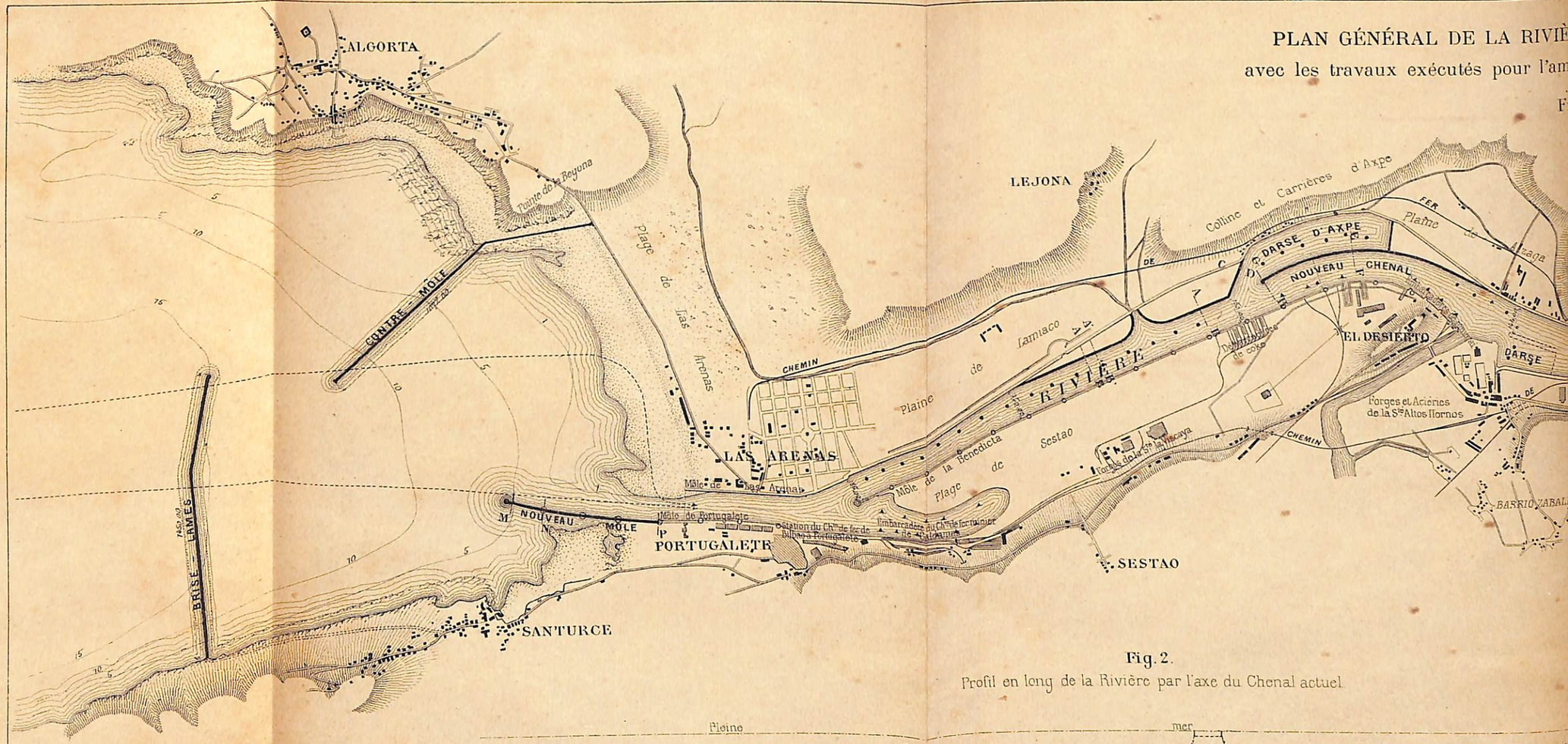


Fig. 2.
Profil en long de la Rivière par l'axe du Chenal actuel

Fig. 3 et 4.
Profils du nouveau môle de Portugalete

Fig. 5 à 9. Profils des digues de rectification

Fig. 3. Section entre M et N

Fig. 4. Section entre N et P

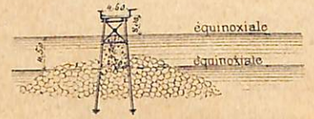


Fig. 5. Profil par AB

Fig. 6. Profil par A'B'

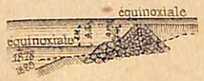


Fig. 7. Profil par EF

Fig. 8. Profil par CD

RE ET DE LA BAIE DE BILBAO

élioration de la rivière de 1878 à 1889

g.1

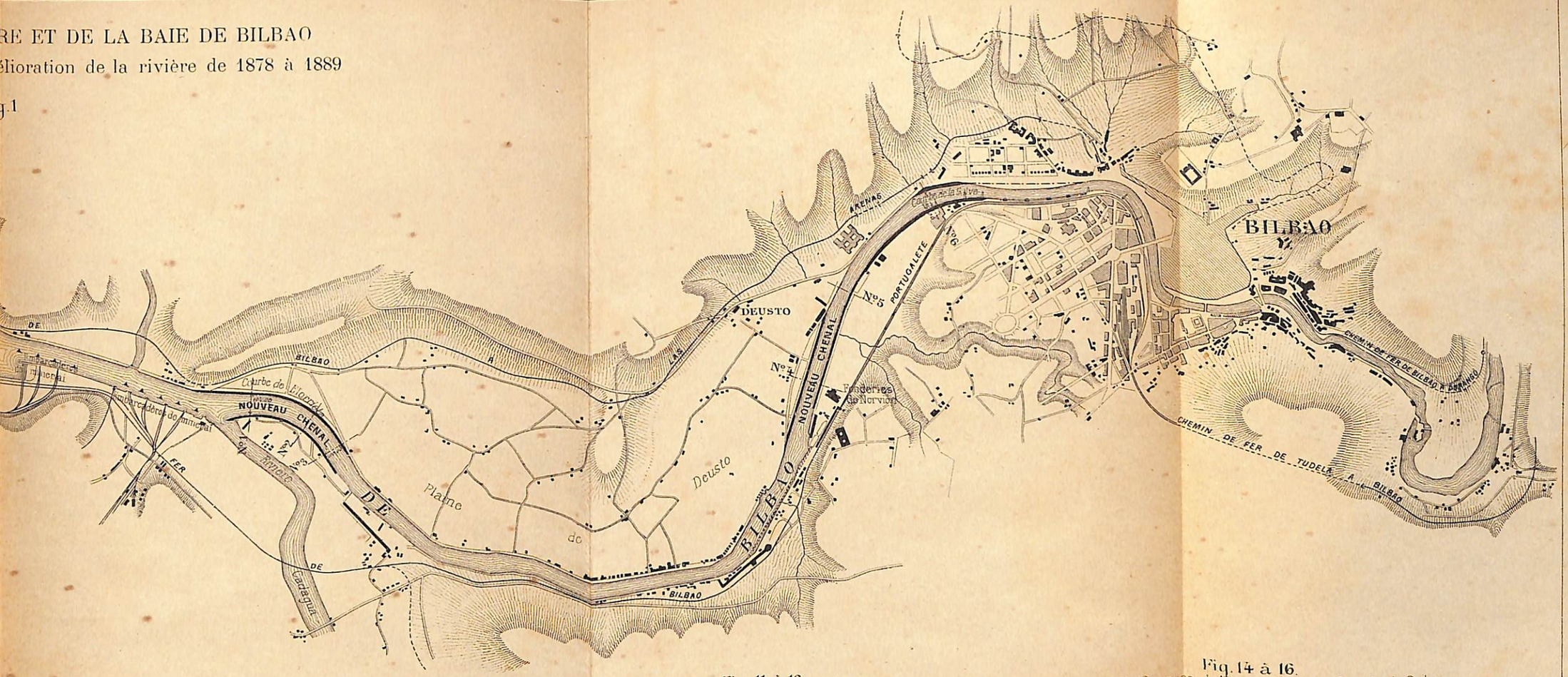


Fig. 11 à 13.
Profils de la Courbe de Elorrita

Fig. 11. Profil N°3

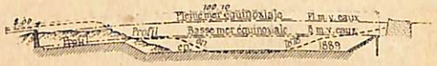


Fig. 12. Profil N°2.

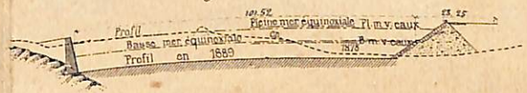


Fig. 13. Profil N°1

Fig. 14 à 16.
Profils de la Coupure de Deusto et de la Courbe de Salve

Fig. 14. Profil N°4.

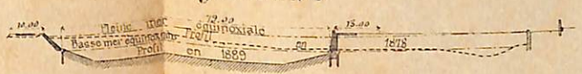


Fig. 15. Profil N°5

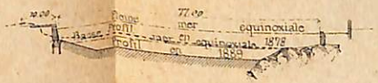
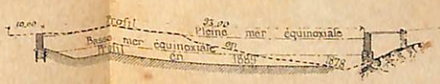


Fig. 16. Profil N°6.



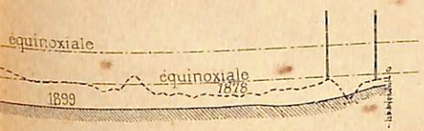
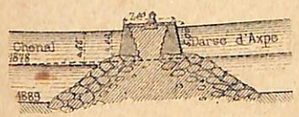
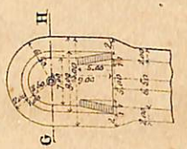


Fig. 10. Musoir Ouest
de la darse d'Axpe

Fig. 9. Profil par GH





L. Courtier, 43, rue de Dunkerque Paris.

PROVINCIA DI TORINO